

红外相机技术在高黎贡山国家级自然保护区南段西坡野生动物监测中的应用

周应再¹, 余新林¹, 彭明统¹, 柳青^{2*}

(1. 云南高黎贡山国家级自然保护区保山管护局腾冲分局, 云南腾冲 679100; 2. 保山学院资源环境学院, 云南保山 678000)

摘要 2017年1—12月, 通过布设红外自动触发相机对高黎贡山国家级自然保护区南段西坡腾冲段11个位点的野生动物进行监测研究, 调查共计拍摄到兽类和鸟类的有效照片分别为739张和499张, 共鉴定出鸟兽物种41种, 其中兽类5目13科21种, 鸟类5目10科20种。拍摄频次较高的兽类为赤腹松鼠(*Callosciurus erythraeus*)、树鼩(*Tupaia belangeri*)、短尾猴(*Macaca arctoides*)、中华鬣羚(*Capricornis milneedwardsii*)、赤鹿(*Muntiacus muntjak*)、野猪(*Sus scrofa*)、豪猪(*Hystrix hodgsoni*)这7种; 拍摄频次较高的鸟类为环颈山鹧鸪(*Arborophila torqueola*)、白鹇(*Lophura nycthemera*)、银耳相思鸟(*Leiothrix argentauris*)这3种。这表明红外相机技术可以作为野生动物多样性监测的主要方法, 自然保护区应长期开展基于红外相机技术的野生动物多样性监测工作。

关键词 野生动物; 监测; 红外相机技术; 高黎贡山国家级自然保护区

中图分类号 S759.9 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2020)04-0108-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2020.04.032



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Application Research of Infrared Camera Technology in Wildlife Monitoring of Gaoligong Mountain National Natural Reserve

ZHOU Ying-zai, YU Xin-lin, PENG Ming-tong et al (Gaoligong Mountain National Natural Reserve, Tengchong Branch of Baoshan Management and Protection Bureau, Yunnan Province, Tengchong, Yunnan 679100)

Abstract During January to December 2017, infrared triggered automatic camera was used to monitor and study wild animals at Tengchong, the west slope of south-section in Gaoligong Mountain National Natural Reserve. The results showed that a total of 41 species were identified by monitoring photos, including 21 species of beasts (respectively belonging to 5 orders and 13 families) and 20 species of birds (respectively belonging to 5 orders and 10 families). Among the beasts, the top species with the highest photographing rate were *Callosciurus erythraeus*, *Tupaia belangeri*, *Macaca arctoides*, *Capricornis milneedwardsii*, *Muntiacus muntjak*, *Sus scrofa* and *Hystrix hodgsoni*. Among the birds, the top species with the highest photographing rate were *Arborophila torqueola*, *Lophura nycthemera* and *Leiothrix argentauris*. This shows that infrared camera technology can be used as the main method for wildlife diversity monitoring, and nature reserves should carry out wildlife diversity monitoring based on infrared camera technology for a long time.

Key words Wild animals; Monitoring; Infrared camera technology; Gaoligong Mountain National Natural Reserve

自然保护区是我国生物多样性保护的重点区域, 及时开展自然保护区内野生动物的监测, 了解野生动物资源现状是保护区开展各项工作的基础^[1]。红外相机技术作为一种新型的野生动物科研监测手段, 因其隐蔽性高、对动物无伤害影响小、物种鉴定准确、昼夜持续工作、人为因素限制少和使用成本下降等优点, 被广泛应用于野生动物多样性调查、物种种群监测、种群密度评估、行为学特性和人为活动干扰等研究、保护和管理^[2]。国外使用红外相机研究野生动物有较长的历史, 最早见于Champion^[3]的报道, 20世纪90年代该技术逐渐发展成熟后被广泛用于动物种群数量和密度的研究^[4-5]。我国使用红外相机技术进行的相关研究起步较晚, 系统工作不多, 最早的报道见于马世来等^[6]对云南高黎贡山进行的生物多样性研究。近年来的研究工作积累较多, 先后有学者利用红外相机技术对我国湖北神农架自然保护区^[7]、湖南高望界国家级自然保护区^[8]、河北小五台山国家级自然保护区^[9]、云南高黎贡山国家级自然保护区中段^[10]、江西九连山国家级自然保护区^[2]、四川卧龙国家级自然保护区^[11]、安徽霍山佛子岭省级自然保护区^[12]等保护区的野生动物分

布规律及物种多样性进行了研究。

高黎贡山国家级自然保护区于2005年被纳入国家重点生态公益林实施管理。根据公益林管理需求, 高黎贡山保护区腾冲段设置了6条动物监测样线, 每季度开展一次传统样线法监测, 通过样线巡护记录发现的野生动物活体和痕迹。但由于野生动物嗅觉灵敏, 监测过程中一般很难发现活体, 且痕迹判定准确率低, 主观成分多, 监测成效和质量都亟待提高^[13]。高黎贡山保护区保山管理局腾冲分局于2014年开始利用红外相机技术开展野生动物监测, 在高黎贡山腾冲北段用红外相机相继拍摄到红鬣羚(*Capricornis rubidus*)、云猫(*Pardofelis marmorata charltoni*)与贡山羚牛(*Budorcas taxicolor*)等珍稀濒危物种的实体影像资料, 其中红鬣羚为国内分布新记录。目前, 高黎贡山自然保护区腾冲分局已连续5年开展红外相机监测, 积累了大量野生动物影像资料。笔者对2017年1—12月的监测资料进行整理鉴定与分析总结, 探索红外相机技术在野生动物监测中的运用, 以期高黎贡山保护区野生动物的科研监测积累经验, 为保护管理相关决策提供科学依据。

1 研究地点与方法

1.1 研究点概况 高黎贡山国家级自然保护区地处滇西北, 位于24°56'~28°23'N, 98°08'~98°53'E, 总面积405 200 hm², 是云南省面积最大的自然保护区, 是野生动植物南北过渡、东西交流的纽带, 以保护生物、气候垂直带谱自然景观、多种

基金项目 云南省高校滇西昆虫资源保护与利用重点实验室建设项目。

作者简介 周应再(1977—), 女, 云南腾冲人, 工程师, 从事资源监测与生物多样性保护等研究。*通信作者, 副教授, 博士, 从事动物生态学研究。

收稿日期 2019-10-27; **修回日期** 2019-11-21

植被类型和多种珍稀濒危动植物种类为目的^[14]。目前已知高黎贡山有种子植物 210 科 1 086 属 4 303 种(变种),其中 434 种为高黎贡山特有种,34 种为国家级保护植物^[15];脊椎动物 36 目 114 科 762 种,其中有兽类 9 目 29 科 81 属 154 种,鸟类 18 目 60 科 250 属 485 种,包括熊猴、羚牛等 20 种国家Ⅰ级保护野生动物,以及小熊猫、黑熊、中华鬣羚与白鹇等 47 种国家Ⅱ级保护野生动物^[14]。

1.2 调查方法 于 2017 年 1—12 月在高黎贡山南段西坡腾冲境内的曲石站、大蒿坪站辖区(2 个辖区面积 12 353 hm²,占保护区总面积的 3.05%)的 11 个位点布设 11 台红外相机开展连续监测。红外相机的布设地点依据日常巡护中掌握

的野生动物活动情况,尽量在无人干扰、动物活动迹象较为频繁的常绿阔叶林区域(例如有关粪便、足迹、食痕、睡塘、水源等地)。安装相机时,选择林下相对空旷和开阔的区域,用钢绳将相机固定在离地面 50~100 cm 的林木上(结合具体地形和动物痕迹确定),调整好拍摄角度,最大限度覆盖拍摄区域,简单清除镜头前障碍物,同时做好相机防盗伪装工作。相机型号为猎科 EREAGLE ERE-E1B,500 万像素,触发至拍照时间小于 1 s,相机统一设置为拍照+录像模式,先拍照 3 张,后录像 15 s,照片拍摄间隔为 1 s,全天 24 h 彩色拍摄,干电池供电,每 4 个月更换 1 次电池。布设位点水平间距大于 1 km,海拔为 2 293~2 503 m,不同位点具体情况见表 1。

表 1 高黎贡山国家级自然保护区西坡腾冲段野生动物监测红外相机布设位点信息

Table 1 Information of infrared camera traps for monitoring wildlife at Tengchong, the west slope of south-section in Gaoligongshan National Nature Reserve

编号 Number	地名 Place name	位点坐标 Site coordinate	海拔 Altitude//m	坡向 Aspect	坡位 Slope position	地形 Topography	痕迹 Trace
1	徐有刚坝地	25.287 5°N, 98.705 0°E	2 427	西北	山腰	陡坡	食痕
2	蝙蝠洞	25.257 7°N, 98.705 0°E	2 484	西	山腰	陡坡	食痕
3	黑沟	25.231 7°N, 98.704 4°E	2 317	东南	沟谷	缓坡	足迹
4	蛮米河头	25.214 7°N, 98.708 9°E	2 479	东南	沟谷	陡坡	足迹
5	康家坟梁子	25.181 4°N, 98.703 6°E	2 403	西北	山腰	陡坡	粪便
6	交界坡头	25.155 0°N, 98.709 4°E	2 503	西北	山腰	缓坡	食痕
7	隔界河	25.132 5°N, 98.714 2°E	2 293	西	沟谷	陡坡	足迹
8	水槽子	25.111 1°N, 98.716 1°E	2 435	西北	山腰	陡坡	粪便
9	交山头	25.078 3°N, 98.720 0°E	2 401	西	沟谷	陡坡	足迹
10	石房河	25.049 7°N, 98.739 7°E	2 396	西	沟谷	陡坡	落毛
11	下平河	24.989 4°N, 98.753 1°E	2 305	东	山脊	缓坡	扒塘

1.3 数据收集 每 4 个月收集 1 次红外相机监测照片,按照相机位点编号建立文件夹,并将相机拍摄照片存入对应文件夹。对于同一地点上的红外相机拍摄照片或录像,将时间间隔<1 min 的同一种动物的连续照片或录像算作 1 张,作为 1 次探测^[7]。物种分类鉴定查阅《中国兽类野外手册》^[16]、《中国鸟类野外手册》^[17]、《高黎贡山腾冲生物多样性》^[14]完成,并请相关专家帮忙鉴定。兽类百分比为某兽类照片数与兽类(或野生动物)总照片总数的百分比。

2 结果与分析

2.1 兽类物种组成 此次调查共收集到野生动物有效照片 1 238 张,其中兽类和鸟类的照片分别为 739 张和 499 张。对兽类有效照片的鉴定结果表明,共监测到兽类 5 目 13 科 21 种,占保护区记录兽类种类的 13.64%。从物种组成来看,食肉目物种较多,共计 5 科 7 种;啮齿目次之,有 3 科 6 种;偶蹄目紧随其后,有 3 科 4 种;灵长目较少,有 1 科 3 种;树鼩目最少,仅 1 科 1 种(表 2)。从科的组成来看,除猴科、松鼠科有 3 种动物,豪猪科、鼬科、灵猫科、鹿科各有 2 种动物外,其余的鼠科、猫科、熊科、小熊猫科、牛科、猪科和树鼩科都为单科单种(表 2)。在监测到的 21 种兽类中,有熊猴与菲氏叶猴等 2 种兽类为国家Ⅰ级重点保护野生动物,短尾猴、巨松鼠、黄喉貂、黑熊、小熊猫与中华鬣羚这 6 种兽类为国家Ⅱ级重点保护野生动物(表 2)。

从监测结果来看,赤腹松鼠、树鼩和短尾猴照片最多,分别为 131、111 和 107 张,分别占兽类照片总数的 17.73%、15.02%和 14.48%。照片数为 20~60 张的动物有 8 种,分别为中华鬣羚、赤鹿、野猪、豪猪、熊猴、珀氏长吻松鼠、大林姬鼠和豹猫,分别占兽类照片总数的 2.98%~6.90%。照片数为 10~20 张的动物有 6 种,分别为黑熊、花面狸、黄喉貂、小熊猫、巨松鼠和椰子狸,分别占兽类照片总数的 1.49%~2.57%。照片数在 10 张以下的动物有 4 种,分别为鼬獾、毛冠鹿、扫帚豪猪和菲氏叶猴,分别占兽类照片总数的 0.14%~1.08%。其中以菲氏叶猴的拍摄频次为最低,仅为 0.14%。可以看出,在调查区域内的兽类以赤腹松鼠、树鼩、短尾猴为优势物种,中华鬣羚、赤鹿、野猪和豪猪在辖区内数量也比较丰富,而扫帚豪猪、毛冠鹿、鼬獾等则在该区内的分布十分稀少(表 2)。菲氏叶猴照片数最少,仅拍摄到 1 次。这一结果与日常常规监测结果矛盾,可能因为菲氏叶猴为树栖性,而相机拍摄地面动物冲突所致。

2.2 鸟类物种组成 对鸟类有效照片的鉴定结果表明,共监测到鸟类 5 目 9 科 20 种,占保护区记录鸟类种类的 4.12%(表 3)。从物种组成来看,雀形目物种较多,共计 5 科 13 种;鸡形目次之,1 科 4 种;鸽形目、隼形目、鸮形目为最少,分别为 1 科 1 种(表 3)。从科的组成来看,雉科、画眉科分别有 4 种鸟类,鹁科、鹧鸪科分别有 3 种鸟类,山雀科有 2 种鸟类,其

余的鹞科、鸢科、鹰科和鸱鸢科都为单科单种(表3)。在监测到的20种鸟类中,红腹角雉、白鹇与白腹锦鸡这3种鸟类

表2 高黎贡山国家级自然保护区西坡腾冲段红外相机监测拍摄到的兽类

Table 2 Beasts photographed by infrared camera at Tengchong, the west slope of south-section in Gaoligongshan National Nature Reserve

目 Order	科 Family	种类 Species	独立有效照片数 Number of independent valid photos	占兽类百分比 Percentage of beast // %	
食肉目 Carnivora	灵猫科 Viverridae	椰子狸 <i>Paradoxurus hermaphroditus</i>	11	1.49	
		花面狸 <i>Paguma larvata</i>	16	2.17	
	鼬科 Mustelidae	鼬獾 <i>Melogale moschata</i>	8	1.08	
		黄喉貂 <i>Martes flavigula</i>	13	1.76	
		小熊猫科 Ailuridae	小熊猫 <i>Ailurus fulgens</i>	12	1.62
	熊科 Ursidae	黑熊 <i>Ursus thibetanus</i>	19	2.57	
	猫科 Felidae	豹猫 <i>Prionailurus bengalensis</i>	22	2.98	
	啮齿目 Rodentia	松鼠科 Sciuridae	赤腹松鼠 <i>Callosciurus erythraeus</i>	131	17.73
			珀氏长吻松鼠 <i>Dremomys pernyi</i>	28	3.79
巨松鼠 <i>Ratufa bicolor</i>			11	1.49	
鼠科 muridae		大林姬鼠 <i>Apodemus peninsulae</i>	27	3.65	
豪猪科 Hystricidae		扫帚豪猪 <i>Atherurus macrourus</i>	3	0.41	
		豪猪 <i>Hystrix hodgsoni</i>	39	5.28	
树鼩目 Scandentia		树鼩科 Tupaiidae	树鼩 <i>Tupaia belangeri</i>	111	15.02
偶蹄目 Artiodactyla	鹿科 Cervidae	毛冠鹿 <i>Elaphodus cephalophus</i>	7	0.95	
		赤麂 <i>Muntiacus muntjak</i>	48	6.50	
		野猪 <i>Sus scrofa</i>	43	5.82	
	牛科 Bovidae	中华鬣羚 <i>Capricornis milneedwardsii</i>	51	6.90	
	灵长目 Primates	猴科 Cercopithecidae	菲氏叶猴 <i>Trachypithecus phayrei</i>	1	0.14
熊猴 <i>Macaca assamensis</i>			31	4.19	
短尾猴 <i>Macaca arctoides</i>			107	14.48	

表3 高黎贡山国家级自然保护区西坡腾冲段红外相机监测拍摄到的鸟类

Table 3 Birds photographed by infrared camera at Tengchong, the west slope of south-section in Gaoligongshan National Nature Reserve

目 Order	科 Family	种类 Species	独立有效照片数 Number of independent valid photos	占鸟类百分比 Percentage of birds // %
鸮形目 Strigiformes	鸱鸢科 Strigidae	斑头鸱鸢 <i>Glaucidium cuculoides</i>	4	0.80
隼形目 Falconiformes	鹰科 Accipitridae	蛇雕 <i>Spilornis cheela</i>	3	0.60
雀形目 Passeriformes	山雀科 Paridae	黄颊山雀 <i>Parus spilonotus</i>	1	0.20
		红头长尾山雀 <i>Aegithalos concinnus</i>	3	0.60
	鹟科 Muscipidae	紫啸鹟 <i>Myophonus caeruleus</i>	5	1.00
		棕腹蓝仙鹟 <i>Niltava vivida</i>	1	0.20
		大仙鹟 <i>Niltava grandis</i>	3	0.60
	鸫科 Turdidae	长尾地鸫 <i>Zoothera dixonii</i>	21	4.21
		斑背燕尾 <i>Enicurus maculatus</i>	2	0.40
		灰头鸫 <i>Turdus rubrocanus</i>	4	0.08
		画眉科 Timaliidae	红嘴相思鸟 <i>Leiothrix lutea</i>	1
			红头噪鹛 <i>Garrulax erythrocephalus</i>	7
		银耳相思鸟 <i>Leiothrix argentauris</i>	28	5.61
		赤尾噪鹛 <i>Garrulax milnei</i>	8	1.60
	鸫科 Sylviidae	黄腹鹟鸫 <i>Seicercus superciliosus</i>	7	1.40
鸽形目 Charadriiformes	鹞科 Scolopacidae	丘鹞 <i>Scolopax rusticola</i>	9	1.80
鸡形目 Galliformes	雉科 Phasianidae	白腹锦鸡 <i>Chrysolophus amherstiae</i>	1	0.20
		环颈山鹧鸪 <i>Arborophila torqueola</i>	193	38.68
		白鹇 <i>Lophura nycthemera</i>	182	36.47
		红腹角雉 <i>Tragopan temminckii</i>	16	3.21

从监测结果来看,环颈山鹧鸪和白鹇这2种鸟的有效照片最多,分别为193张和182张,占鸟类照片总数的38.68%

和36.47%。其次为银耳相思鸟、长尾地鸫和红腹角雉这3种鸟,照片数28、21和16张,分别占鸟类照片总数的5.61%、

4.21%和3.21%。最后为大仙鹁、灰头鹁、白腹锦鸡、红头噪鹛、红头长尾山雀、紫啸鹁、黄腹鹁鸢、赤尾噪鹛、丘鹛、黄颊山雀、斑背燕尾、蛇雕、斑头鸺鹠、红嘴相思鸟和棕腹蓝仙鹁这15种鸟类,照片数均不到10张。可以看出,在调查区域内的鸟类以环颈山鹁鹁与白鹁为优势物种,红腹角雉、长尾地鹁和银耳相思鸟在辖区内数量也比较丰富,而白腹锦鸡、黄颊山雀、红嘴相思鸟和棕腹蓝仙鹁等鸟类则在该区内的分布十分稀少(表2)。

3 结论与讨论

高黎贡山被称为动植物物种的基因库,是全球生物多样性研究和关注的热点地区^[18]。但由于高黎贡山地理位置偏远、地形陡峭、气候复杂等原因,以往对该区域生物多样性的调查非常不全面,数据资料零散,且多集中在对东坡区域的调查^[10]。此次红外相机监测成功拍摄到21种兽类和20种鸟类的照片与视频,其中包含熊猴、菲氏叶猴、短尾猴、巨松鼠、黄喉貂、黑熊、小熊猫、中华鬣羚、红腹角雉、白鹁、白腹锦鸡这11种国家I、II级重点保护野生动物。监测结果显示,赤腹松鼠、树鼩、短尾猴、中华鬣羚、赤鹿、野猪、豪猪、熊猴、环颈山鹁鹁、白鹁、红腹角雉、长尾地鹁和银耳相思鸟的拍摄频次相对较高,这与日常常规监测中的痕迹发现频次基本一致。

以往的文献记载该地区有兽类154种^[14]、鸟类485种^[19],而此次监测仅拍摄到21种兽类和20种鸟类,分别占高黎贡山记录兽类和鸟类的13.64%和4.12%。可见,该研究物种监测发现率偏低,还不能够完全反映辖区的本底资源状况,分析可能的原因有4点:一是此次红外相机监测覆盖面窄,仅位于高黎贡山自然保护区的2个辖区;二是监测周期仅12个月,相对较短;三是取样设计的局限性,相机全部布设在2300~2500m的海拔带上,无法拍摄到高海拔或低海拔地带活动的动物;四是相机安装高度有限,相机安装在离地50~100cm的位置上,只能获取在地面活动的动物照片或视频,而对于树栖性兽类和涉禽、攀禽和候鸟则难以监测。此外,还有国内学者利用红外相机对高黎贡山中段西坡片马地区的鸟兽多样性进行了调查研究,共鉴定发现兽类21种和鸟类24种,分属10目21科,以灵长目、肉食目、偶蹄目、雀形目、鸡形目和啮齿目等类群的相对多样性指数较高,且分布广泛^[10];这一结果与该研究结果有很大相似之处。

综合该研究和前人研究结果来看,红外相机技术可以作

为野生动物多样性监测的主要方法,自然保护区应长期开展基于红外相机技术的野生动物多样性的监测工作。在高黎贡山运用红外相机技术开展兽类和鸟类监测时应注意以下几点:①抽样强度应达5%以上,涵盖主要植被类型,跨越一定海拔;②雨季及时清理林下生长过快的草灌层,避免草灌茎叶遮挡相机视角;③相机应选择性价比比较高,防水和伪装效果较好的品牌;④相机安装时,一定要调整好相机拍摄角度,并确保固定好、不会移位。

参考文献

- [1] 马克平.中国生物多样性编目取得重要进展[J].生物多样性,2015,23(2):137-138.
- [2] 袁景西,张昌友,谢文华,等.利用红外相机技术对九连山国家级自然保护区兽类和鸟类资源的初步调查[J].兽类学报,2016,36(3):367-372.
- [3] CHAMPION F W. With a camera in Tiger-land[M]. London: Chatto and Windus, 1927: 17-46.
- [4] BENGTSEN A J, LEUNG L K P, LAPIDGE S J, et al. Using a general index approach to analyze camera-trap abundance indices[J]. Journal of wildlife management, 2011, 75(5): 1222-1227.
- [5] CHEN S Q, FATH B, CHEN B, et al. Evaluation of the changed properties of aquatic animals after dam construction using ecological network analysis[J]. Procedia environmental sciences, 2011, 5: 114-119.
- [6] 马世来,理查德·何理来.自动感应照像系统在野生动物调查中的应用[J].动物学研究,1996,17(4):360,370.
- [7] 李广良,李迪强,薛亚东,等.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.
- [8] 刘芳,宿秀江,李迪强,等.利用红外触发相机调查湖南高望界国家级自然保护区鸟兽多样性[J].生物多样性,2014,22(6):779-784.
- [9] 白锦荣,张爱军.基于红外触发相机陷阱技术的小五台山物种多样性调查[J].河北林业科技,2016(5):48-50,57.
- [10] 陈奕欣,肖治水,李明,等.利用红外相机对高黎贡山中段西坡兽类和鸟类多样性初步调查[J].兽类学报,2016,36(3):302-312.
- [11] 侯金,杨建,李玉杰,等.基于红外相机调查的卧龙自然保护区兽类资源时空分布特征[J].南京林业大学学报(自然科学版),2018,42(3):187-192.
- [12] 叶晓东.利用红外相机技术对安徽霍山佛子岭省级自然保护区陆生脊椎动物的初步调查[J].农业灾害研究,2019,9(3):118-120.
- [13] 王亮,杨增武,田瑞祥,等.红外触发相机在荒漠区野生动物监测中的应用:以安西极旱荒漠自然保护区为例[J].林业资源管理,2014(4):137-141.
- [14] 陈辈乐,毕争.高黎贡山腾冲生物多样性[M].香港:嘉道理农场暨植物园 嘉道理中国保育,2016:1-37.
- [15] 李恒,郭辉军,刀志灵.高黎贡山植物[M].北京:科学出版社,2000:1310-1344.
- [16] 史密斯,解焱,盖玛,等.中国兽类野外手册[M].长沙:湖南教育出版社,2009:1-671.
- [17] 约翰·马敬能,卡伦·菲利普斯,何芬奇.中国鸟类野外手册[M].长沙:湖南教育出版社,2000:1-571.
- [18] MYERS N, MITTERMEIER R A, MITTERMEIER C G, et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities[J]. Nature, 2000, 403: 853-858.
- [19] 韩联宪,兰道英.云南高黎贡山地区鸟类多样性分布及保护[C]//中国鸟类学研究论文集.北京:中国动物学会,1996:40-49.

(上接第107页)

- [8] 胡勤鸿,欧阳芳群,贾子瑞,等.欧洲云杉扦插生根影响因素研究与生根力优良单株选择[J].林业科学,2014,50(2):42-49.
- [9] 陈庆生,周鹏,张敏,等.激素和插穗处理对乌饭树扦插生根的影响[J].

东北林业大学学报,2016,44(4):41-43,47.

- [10] 吴雅琼,汪贵斌,曹福亮,等.基质、插穗及促根剂对喜树扦插生根的影响[J].南京林业大学学报(自然科学版),2016,40(3):1-8.
- [11] 王东光.阔叶嫩枝扦插繁殖技术及生根机理研究[D].北京:中国林业科学研究院,2013.