

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第34卷 第7期 Vol.34 No.7 2014

中国生态学学会
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 34 卷 第 7 期 2014 年 4 月 (半月刊)

目 次

前沿理论与学科综述

- 青藏高原东北部 5000 年来气候变化与若尔盖湿地历史生态学研究进展 何奕忻, 吴 宁, 朱求安, 等 (1615)
- 天山云杉森林土壤有机碳沿海拔的分布规律及其影响因素 阿米娜木·艾力, 常顺利, 张毓涛, 等 (1626)

个体与基础生态

- 小兴安岭红松日径向变化及其对气象因子的响应 李兴欢, 刘瑞鹏, 毛子军, 等 (1635)
- 采伐剩余物对林地表层土壤生化特性和酶活性的影响 吴波波, 郭剑芬, 吴君君, 等 (1645)
- 庞泉沟自然保护区典型森林土壤大团聚体特征 白秀梅, 韩有志, 郭汉清 (1654)
- 思茅松天然林树冠结构模型 欧光龙, 肖义发, 王俊峰, 等 (1663)
- 镁缺乏和过量胁迫对纽荷尔脐橙叶绿素荧光特性的影响 凌丽俐, 黄 翼, 彭良志, 等 (1672)
- 斑块生境中食果鸟类对南方红豆杉种子的取食和传播 李 宁, 王 征, 鲁长虎, 等 (1681)
- 重金属铅与两种淡水藻的相互作用 刘 璐, 闫 浩, 李 诚, 等 (1690)
- 刺参养殖池塘初级生产力及其粒级结构周年变化 姜森颖, 周一兵, 唐伯平, 等 (1698)
- 控(微囊)藻鲢、鳙排泄物光能与生长活性 王银平, 谷孝鸿, 曾庆飞, 等 (1707)
- 五爪金龙中香豆素类物质含量及其对福寿螺、水稻和稗草的影响 犹昌艳, 杨 宇, 胡 飞, 等 (1716)

种群、群落和生态系统

- 西双版纳国家级自然保护区勐腊子保护区亚洲象种群和栖息地评价 林 柳, 金延飞, 陈德坤, 等 (1725)
- 莱州湾鱼类群落同功能种团的季节变化 李 凡, 徐炳庆, 马元庆, 等 (1736)
- 长期不同施肥方式对麦田杂草群落的影响 蒋 敏, 沈明星, 沈新平, 等 (1746)
- 极端干旱条件下燕麦垄沟覆盖系统水生态过程 周 宏, 张恒嘉, 莫 非, 等 (1757)

景观、区域和全球生态

- 流域景观格局变化对洪枯径流影响的 SWAT 模型模拟分析 林炳青, 陈兴伟, 陈 莹, 等 (1772)
- 近 20 年青藏高原东北部禾本科牧草生育期变化特征 徐维新, 辛元春, 张 娟, 等 (1781)
- 丽江城市不同区域景观美学 郭先华, 赵千钧, 崔胜辉, 等 (1794)
- 珠三角河网水域栅藻的时空分布特征 王 超, 李新辉, 赖子尼, 等 (1800)
- 博斯腾湖细菌丰度时空分布及其与环境因子的关系 王博雯, 汤祥明, 高 光, 等 (1812)
- 遗传算法支持下土地利用空间分形特征尺度域的识别 吴 浩, 李 岩, 史文中, 等 (1822)
- 川西亚高山不同海拔岷江冷杉树轮碳稳定同位素对气候的响应 靳 翔, 徐 庆, 刘世荣, 等 (1831)

基于 ESDA 的西北太平洋柔鱼资源空间热点区域及其变动研究…………… 冯永玖,陈新军,杨铭霞,等 (1841)

城乡与社会生态

基于居民生态认知的非使用价值支付意愿空间分异研究——以三江平原湿地为例……………

…………… 高 琴,敖长林,陈红光,等 (1851)

浑河河水及其沿岸地下水污染特征 …………… 崔 健,都基众,王晓光 (1860)

社会生态系统及脆弱性驱动机制分析 …………… 余中元,李 波,张新时 (1870)

研究简报

等渗 NaCl 和 Ca(NO₃)₂ 胁迫对黄瓜幼苗生长和生理特性的影响 …………… 周 珩,郭世荣,邵慧娟,等 (1880)

专家观点

关于“生态保护和建设”名称和内涵的探讨 …………… 沈国舫 (1891)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 282 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 29 * 2014-04



封面图说: 红豆杉人工林——红豆杉为常绿针叶乔木,树高可达 25m,属国家一级保护植物。红豆杉中含有的紫杉醇,具有独特的抗癌机制和较高的抗癌活性,能阻止癌细胞的繁殖、抑制肿瘤细胞的迁移,是世界公认的抗癌药。红豆杉在我国共有 4 个种和 1 个变种,即云南红豆杉、西藏红豆杉、东北红豆杉、中国红豆杉和南方红豆杉(变种)。由于天然红豆杉稀缺,国家严禁采伐利用,因而我国南方很多地方都采取人工种植的方法生产利用。人工种植的南方红豆杉在南方山区多呈斑块状分布,斑块生境中鸟类对红豆杉种子的传播有重要的影响。

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/stxb201303010326

林柳, 金延飞, 陈德坤, 郭贤明, 罗爱东, 赵建伟, 王巧燕, 张立. 西双版纳国家级自然保护区勐腊子保护区亚洲象种群和栖息地评价. 生态学报, 2014, 34(7): 1725-1735.

Lin L, Jin Y F, Chen D K, Guo X M, Luo A D, Zhao J W, Wang Q Y, Zhang L. Population and habitat status of Asian elephants (*Elephas maximus*) in Mengla Sub-reserve of Xishuangbanna National Nature Reserve, Yunnan of China. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(7): 1725-1735.

西双版纳国家级自然保护区勐腊子保护区 亚洲象种群和栖息地评价

林 柳^{1,2}, 金延飞², 陈德坤², 郭贤明³, 罗爱东³, 赵建伟³, 王巧燕³, 张 立^{2,*}

(1. 海南师范大学生命科学学院, 海口 571158; 2. 北京师范大学生命科学学院, 教育部生物多样性与生态工程重点实验室, 北京 100875;
3. 西双版纳傣族自治州国家级自然保护区管理局科研所, 景洪 666100)

摘要: 通过社区村寨访问、监测网络、痕迹追踪和生态位因子分析 (ENFA) 等方法对西双版纳国家级自然保护区勐腊子保护区内亚洲象的种群和栖息地状况进行研究。结果显示: 2007 年勐腊子保护区的亚洲象种群数量约为 25—32 头, 2009 年其数量增至 35—42 头; 2006—2007 年期间, 亚洲象的分布区包含保护区东南部和东部的两片区域, 面积共 221 km², 占保护区总面积的 19.2%; 象群在分布区内开辟了固定的活动路线, 总长约 65 km, 它们利用这些路线巡回取食天然植物和农作物并导致严重的人象冲突; 栖息地评价研究表明亚洲象对栖息地具有一定的选择偏好性, 保护区内亚洲象喜好的栖息地面积为 328.5 km², 仅占保护区总面积的 28.5%, 且主要被分为两大斑块 1 和 2, 分别位于保护区的东南部和西北部。

关键词: 亚洲象; 种群; 栖息地评价; 勐腊子保护区

Population and habitat status of Asian elephants (*Elephas maximus*) in Mengla Sub-reserve of Xishuangbanna National Nature Reserve, Yunnan of China

LIN Liu^{1,2}, JIN Yanfei², CHEN Dekun², GUO Xianming³, LUO Aidong³, ZHAO Jianwei³, WANG Qiaoyan³, ZHANG Li^{2,*}

1 College of Life Sciences, Hainan Normal University, Haikou 571158, China

2 Key Laboratory for Biodiversity Science and Ecological Engineering, Ministry of Education, College of Life Science, Beijing Normal University, Beijing 100875, China

3 Xishuangbanna National Nature Reserve Bureaus, Jinghong 666100, China

Abstract: This study focused primarily on the population and habitat status of Asian elephants in Mengla Sub-reserve of Xishuangbanna National Nature Reserve in the Yunnan Province of China. Data was collected on the number of elephants, their range and human-elephant conflict through local interviews, community monitoring network and field survey during two time periods—the first period was from July 2006 to October 2007 and the second period was from August 2008 to August 2009. Trace-tracking was also used to collect data on major elephant moving lines during the first period. Ecological Niche Factor Analysis (ENFA) with 3S technique was the method used to evaluate habitat quality and predict suitable habitat for Asian elephants.

Results showed that 25-32 wild elephants inhabited the Mengla sub-reserve in 2007, with that number increasing to 35-42 in 2009. Their range included the southeastern and eastern parts of the reserve covering an area of 221 km² during 2006-

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (31172108); 美国内政部鱼和野生动物管理局亚洲象保护基金资助项目 (98210-8-G565)

收稿日期: 2013-03-01; **修订日期:** 2013-11-12

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: asterzhang@bnu.edu.cn

2007, representing 19.2% of the total reserve. Wild elephants developed fixed moving routes to facilitate foraging of natural plants and cultivated crops. The total length of moving lines was 65 km, and resulted in human-elephant conflict in 14 villages. This included economic loss due to crop-raiding and accidental deaths by trampling.

Based on ENFA, elephants in Mengla showed preference for lower elevations (<999 m) and milder gradients (<8°), including tropical bamboo forest and scrub-grassland, as well as areas with lower human disturbance. The preferred habitat for Asian elephants, including marginal, suitable and optimal habitat, covered a total area of 328.5 km², representing 28.5% of the total reserve and was mainly divided into two patches—patch one in the southeast and patch two in the northwest part of Mengla sub-reserve covering an area of 150.5 km² and 178 km² respectively. However, elephants were found only in a portion of patch one during the first study period. In the elephant range, the preferred habitat represented 52.9% of the range, while the remainder consisted of farmland, rubber & tea plantations and steep mountains. The findings of the study urge conservation measures including anti-deforestation, anti-poaching, ecological corridor building, human-elephant conflict mitigation and trans-boundary cooperation to protect the Asian elephants.

Key Words: asian elephant; population; habitat evaluation; Mengla Sub-reserve

中国的野生亚洲象曾经广泛分布于国内从北到南的许多地区^[1],但目前仅分布在云南南部的西双版纳、普洱和西南部的临沧等地区^[2-3]。人类活动的干扰,包括森林的砍伐、农田的扩张、公路的修建以及严重的盗猎等,不仅使亚洲象的天然栖息地不断减少和破碎化,人象冲突不断加剧,而且使不同区域间的种群处于相互隔离的状态,遗传多样性显著下降,严重威胁种群的未来发展^[2,4-6]。

在西双版纳,亚洲象主要分布于西双版纳国家级自然保护区的勐养、勐腊和尚勇 3 个子保护区。目前活动于勐腊子保护区的亚洲象都是从南部的尚勇保护区迁移过来的^[7],而且由于勐腊子保护区东部与老挝毗邻,亚洲象时常由此区域进入老挝境内活动。对勐养和尚勇保护区内分布的亚洲象均已开展过专门的种群和栖息地调查^[5,8-10],但是对勐腊子保护区内亚洲象的种群和栖息地现状一直缺乏相应的科学信息。作为西双版纳野生亚洲象种群监测和栖息地调查整体研究的一部分,本研究分别自 2006 年 7 月至 2007 年 10 月以及 2008 年 8 月至 2009 年 8 月期间,通过监测网络、村寨调查、痕迹追踪和栖息地评价等方法对勐腊保护区内亚洲象种群进行系统的科学调查并通过研究了解:1) 勐腊子保护区内亚洲象种群数量和分布范围;2) 亚洲象在保护区内的主要活动路线;3) 人象冲突情况;4) 亚洲象栖息地的现状。以期能为制定合理的栖息地和野生动植物管理政策,有效保护中国的野生亚洲象提供科学的理论依据和保护建议。

1 材料与方法

1.1 研究区域

勐腊子保护区是西双版纳国家级自然保护区的 5 个子保护区之一,位于勐腊县南部勐腊盆地以北,南邻尚勇保护区,东侧与老挝风沙里接壤,东经 101°25′—101°50′,北纬 21°26′—21°50′。保护区呈两侧宽、中间狭窄的蝶状,地势两侧高、中部低,高差悬殊、起伏较大,因此地貌类型较复杂,垂直地带性比较典型。植被的垂直变化明显,河谷及盆地周围为热带雨林、季雨林型,山地上大部分为季雨林和南亚热带常绿阔叶林。该保护区主要保护热带季节性雨林、季风常绿阔叶林、热性竹林等森林生态系统,以及云南苏铁 (*Cycas siamensis*)、千果榄仁 (*Terminalia myriocarpa*) 等珍稀植物和亚洲象、印度野牛 (*Bos frontalis*)、小麂鹿 (*Tragulus javanicus*) 等珍稀野生动物^[11]。两条主要公路即 213 国道和昆曼高速公路从勐腊子保护区的西侧和南部穿过(图 1)。

1.2 研究方法

1.2.1 村寨调查

访问勐腊子保护区及周边地区有亚洲象分布的所有村寨,向当地有经验的保护区管理人员、护林员和村民了解在该地区出现的亚洲象活动情况和人象冲突等信息资料,并到附近有亚洲象活动的位置寻找其足迹、粪便等活动痕迹,用 GPS 记录其位点,然后将这些 GPS 点连接得出亚洲象的分布区。调查时间为:2006 年 7 月至 2007 年 10 月,所调查村寨共

迹(足迹、粪便、卧息、觅食等)作为亚洲象的分布点数据。

(2)用于评价亚洲象栖息地的生态地理变量分为3类,分别为地理环境因素(海拔、坡度、坡向、坡位、河流),植被覆盖因素(森林、竹阔混交林、灌草丛、农田)和人为干扰因素(居民点、主要公路、乡村土路),这些数据分别来源于 ASTER GDEM,海拔图层,1:5000 地形图,2009 年 TM (Thematic Mapper) 影像(分辨率 25 m×25 m),行政图和公路图等。

(3)利用 ArcGIS/ArcView 的 Spatial Analysis 模块对这些生态地理数据进行量化转换。根据各种生态地理变量的作用方式,可将它们分为三类:资源因素、限制因素和干扰因素^[12-13]。分别它们进行转化处理:将资源因素如森林频率等转化为频率变量;限制因素若为定量数据,如海拔、坡度等,则保持原值,若为定性数据,如坡位,则将类别重新排序,转化为序次变量,每个数字代表一个类别;干扰因素如公路、居民点等则转化为距离变量。最后将所有变量数据和亚洲象点的栅格图层都采用 Box-Cox 变换进行标准化转换,经相关性分析后最终选择的生态地理变量用于 ENFA 分析。

(4)在 Biomapper 4.0 中进行 ENFA 分析,采用中位数(Median)算法提取累计贡献率达到需求的前 n 个因子生成栖息地适宜度分布图,并采用 Jake-Knife 交叉检验(Cross-Validation)方法检验栖息地适宜度模型预测的准确程度;根据 Bayes 指数曲线,将栖息地分成 4 个等级:非栖息地、边际栖息地、较适栖息地和最适栖息地。

2 研究结果

2.1 勐腊子保护区内亚洲象分布区的历史变迁

20 世纪 60—70 年代,亚洲象分布于勐腊县的易武、曼旦、勐伴、曼庄等地区^[1,14],20 世纪 80 年代初期,亚洲象分布于勐腊的象明、勐腊、瑶区、易武等地区^[11,15],因此,在 80 年代初期以前,勐腊子保护区的大部分地区都曾经有亚洲象的分布。但此后亚洲象逐渐从勐腊子保护区消失,1996—1997 年的调查发现勐腊子保护区内已经没有亚洲象活动^[16]。然而从 1999 年开始,陆续有 4 个象群从南部的尚勇保护区向北进入勐腊子保护区内活动,并开始取食保护区内的农作物。至本研究期间,亚洲象在勐腊子保

护区内的活动范围已经向北扩散到龙喊田、纳秀一带,主要分为两部分区域,大部分区域位于勐腊子保护区南部的勐腊片区,另有一小部分区域位于保护区东侧的勐伴片区,面积共 221 km²,占保护区总面积的 19.2%(图 1)。这两个区域相互分隔,中间为老挝的丰沙里地区,但是由于研究人员无法跨越国境线进入老挝境内调查,因此象群在丰沙里的活动范围和路线尚不得而知。

此外,在勐腊子保护区西侧即南屏、曼班东、龙林等数个村寨周边区域,2002—2003 年之间曾有 3 头亚洲象(一雌一雄一幼)在此区域活动,这 3 只亚洲象由勐养子保护区而来,途径勐仑子保护区、勐捧农场(尚勇子保护区以北)后进入该区域活动,期间数次跨过公路,但在 2003 年 10 月之后便没有关于它们活动的记录,至今去向不明。

2.2 勐腊子保护区亚洲象种群数量

根据亚洲象社区监测网络所记录,2007 年 10 月 3 日,勐腊子保护区有 18 头象组成的象群跨过小磨高速公路、南腊河进入尚勇保护区,10 月 6 日这群象又顺原路返回勐腊子保护区,而 10 月 6 日当天只在勐腊子保护区的纳么村寨发现有象群在农田附近的山头活动,数量在 7—14 头之间,由于这两地的直线距离达 21.5 km,且途中山峦起伏,两地出现的亚洲象不可能为同一象群,因此估计当时本地区亚洲象种群数量为 25—32 头。2008 年 8 月至 2009 年 8 月,综合社区监测网络所得到的记录和监测站点拍摄的图片等信息进行个体鉴别分析,进一步估计勐腊子保护区内亚洲象种群数量在 35—40 头之间。

2.3 勐腊子保护区内亚洲象的主要活动路线及人象冲突现状

亚洲象在勐腊子保护区内的主要活动路线如图 2,在保护区南部的回朗村西侧,象群在此有 3 条岔路:第一条向南朝尚勇保护区方向前进,这条线路也是当初象群从尚勇子保护区迁入勐腊子保护区的主要通道,但在研究期间,通过监测网络和野外调查并未发现象群有沿此路线返回尚勇子保护区的现象,一般象群只往南活动一段距离便返回;第二条路线是往东北顺广帕茵—广南笃山系的山脊和回三岭箐沟到曼旦、曼朗的农田取食作物;第三条路线是沿西侧广帕茵山脉山脊向北前行,途经曼样、回解等村寨周边的农田和橡胶林下到南浪河后顺河而上至尖

山。在尖山附近又分出 2 条岔路,一条是沿山脊分别向东进入南蚌、南浪、下南蚌村寨周边区域或者向西南回到曼旦、曼郎村寨周边区域取食作物;另一条是继续顺河而上来到大团山。在大团山附近再次分 3 条岔路,第一条向西沿山脊下到纳么村寨的农田取食作物;第二条是向西北沿螃蟹寨以西的山脊行进直至龙喊田处取食作物;第三条是向东到达矿山附

近,在矿山及其南侧区域频繁往返于中老国界线。在勐腊子保护区东侧茅草山和纳秀村寨区域,亚洲象偶尔会从老挝方向沿尚郎河进入该区域取食农作物,之后再返回老挝境内。亚洲象主要活动路线总长约 65 km,其中从最南端到最北端龙喊田的距离约为 28 km,亚洲象利用这些活动路线在分布区不同区域之间巡回取食野生植物和农作物。

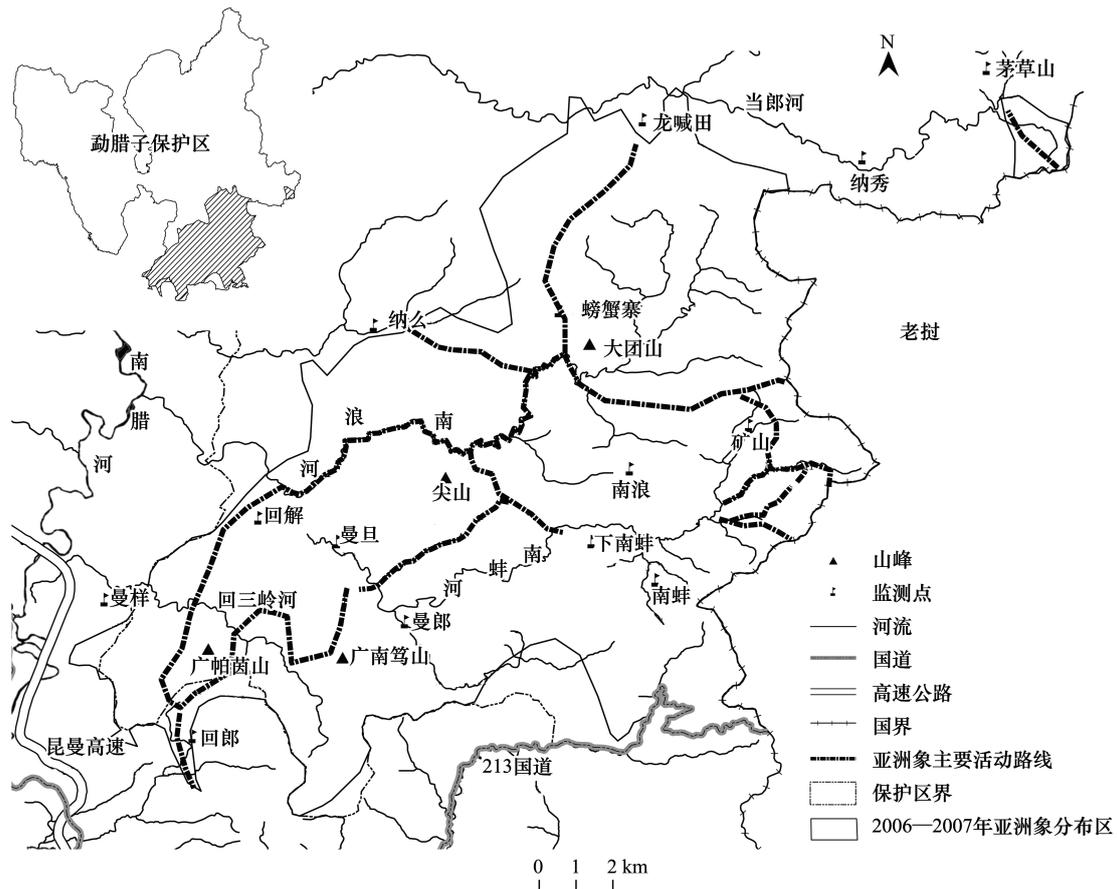


图 2 亚洲象在勐腊子保护区内的主要活动路线

Fig.2 The main transfer routes of Asian elephants in Mengla Sub-reserve

亚洲象主要活动路线所经过的村寨共 14 个。为取食农作物,象群通常会在村寨附近逗留数天,在此期间它们一般会在夜间进入农田活动以避免同人类的接触,白天大部分时间会待在附近的森林中休息并取食野生植物。本研究在亚洲象的迁移路线途中一共发现 23 个卧息地(即大象休息场所),这些卧息地大部分位于山脊(32%)和中坡位(27%)等山体偏上部的位,且所处坡度均 $<15^\circ$,卧息地内乔木层高度较高(26.35 ± 2.602 m),郁闭度较大(0.4009 ± 0.4399),胸径也较大(34 ± 3.186 cm),而灌木盖度则

较低(0.1196 ± 0.01625)。

亚洲象利用这些固定路线在不同区域之间巡回取食并经常入侵农田取食农作物,给活动区内的村寨造成了大量的作物和经济损失(表 1),而在整个西双版纳,由亚洲象造成的经济损失已由 2006 年 323 万元^[13]增至 2012 年的 1349 万元,其中以水稻、玉米、甘蔗、香蕉、橡胶和茶叶等重要粮食作物和经济植物为主,同时亚洲象还造成了一定的人员伤亡(表 2)。

表 1 2012 年勐腊子保护区内部分村寨象损情况

Table 1 Crop lose caused by Asian elephants in Mengla Sub-reserve in 2012

村寨 Village	水稻/hm ² Paddy	甘蔗/hm ² Sugarcane	玉米/hm ² Corn	橡胶/棵 Rubber tree	合计经济损失/元 Total loss
曼旦	0.4	0	0	215	6050
纳么	0.7	0	0.6	2226	32400
下南蚌	1.3	0	1.5	1697	35990
回朗	0	0	0	290	2980
南浪	0.1	11.1	10.1	924	189890

* 数据来源于西双版纳州自然保护区管理局

表 2 西双版纳州 2011—2012 年象损情况

Table 2 Damage caused by Asian elephants in Xishuangbanna from 2011 to 2012

类别 Category	2011	2012
水稻 Paddy/hm ²	90.8	115.3
玉米 Corn/hm ²	476.4	567.7
黄豆 Soybean/hm ²	8.8	8.8
花生 Peanut/hm ²	8.4	6.4
甘蔗 Sugarcane/hm ²	26.4	81.4
橡胶 Rubber trees/10 ⁴ 株	19.6	18.9
茶叶 Tea trees/10 ⁴ 株	3.5	3.0
香蕉 Banana trees/10 ⁴ 株	12.8	36.4
咖啡 Coffee trees/10 ⁴ 株	2.3	13.4
人员伤亡 Human injury and death	死亡 1 人	死亡 2 人
合计经济损失/万元 Total loss / (10 ⁴ 元)	863.7	1349.0

* 数据来源于西双版纳州自然保护区管理局

2.4 勐腊子保护区亚洲象栖息地评价

栖息地评价共选择 19 个生态地理变量用于 ENFA 分析,这些变量的得分矩阵如表 3,前 5 个特征因子即边际因子和特异因子 1—4 累计解释了 84.4% 的信息,包括 100% 的边际性和 68.7% 的特异性,因此选择这 5 个特征因子生成栖息地等级图。用交叉检验 (cross-validation) 评价栖息地适宜度图的预测能力,得到 Boyes 指数曲线图且节点变异小,Boyes Index = 0.92 ± 0.09798,说明模型预测能力较高。结合 Boyes 指数曲线将勐腊子保护区内亚洲象栖息地分为 4 个等级:非栖息地 (0 < HSI ≤ 12)、边际栖息地 (12 < HSI ≤ 40)、较适栖息地 (40 < HSI ≤ 72) 和最适栖息地 (72 < HSI ≤ 100) (图 3)。

表 3 中各生态地理变量对边际因子的贡献率表明,勐腊子保护区内亚洲象主要分布在较低海拔 (< 平均海拔 999 m)、坡度较低缓 (坡度 < 平均坡度 8°, 海拔标准差 < 均值 101) 的地区,如山体下部或山谷。水源上更趋向于受大河流的影响 (距离边际系数 = 0.195) 且离小河流较近 (< 平均距离 502 m) 的地区。特别偏好竹林或竹阔混交林 (竹阔混交林频率边际系数 = 0.778, 距离边际系数 = 0.491) 和灌草

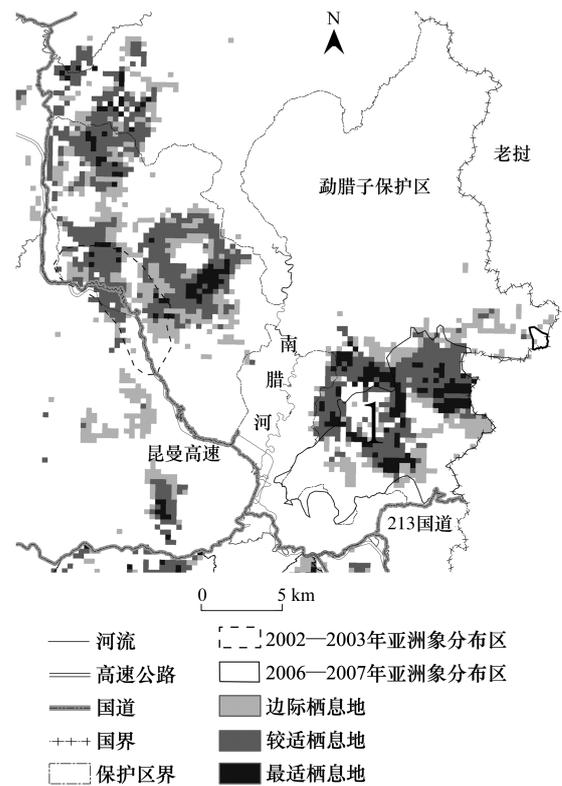


图 3 勐腊子保护区亚洲象栖息地评价图

Fig.3 Habitat suitability classification map of Asian elephant in Mengla Sub-reserve

丛 (距离边际系数 = 0.170), 选择森林较茂密 (> 森林频率平均值 50%) 的植被环境。分布区远离农地 (距离边际系数 = 0.128)、城镇 (> 平均距离 11777 m)、村寨 (> 平均距离 2528 m), 栖息地到高速公路和乡村公路的距离却小于均值, 但影响较小 (到高速公路距离边际系数 = 0.008, 到乡村公路距离边际系数 = 0.052)。

边际栖息地、较适栖息地和最适栖息地均可作为适宜亚洲象分布的天然栖息地, 其余区域为不适宜栖息地。由图 4 和表 4 可知, 勐腊子保护区内亚洲象的适宜栖息地仅有 328.5 km², 占该保护区总面积的 28.5%, 并且主要分散在两个地区, 分别为保护

区的东南部和西北部。将这两部分亚洲象喜好栖息地分别作为斑块 1 和斑块 2, 面积分别为 150.5 km² 和 178 km²(表 5), 两斑块间距离约为 8.2 km。其中斑块 1 内最适栖息地所占比例更大, 但较适和边际栖息地所占比例均小于斑块 2。2006—2007 年亚洲

象的分布区只包含适宜栖息地斑块 1 的部分区域, 而斑块 2 仍未被亚洲象所利用, 并且分布区内适宜栖息地仅占分布区总面积的 52.9%, 仍有近一半的分布区为不适宜栖息地, 主要为村寨及周边的农作物、橡胶林、茶叶地以及海拔较高的山地等。

表 3 ENFA 分析中生态地理变量的得分矩阵

Table 3 Score matrix of the Eco-geographical variables used in ENFA

生态地理变量 Eco-geographical variables (EGV)	边际因子 (14.2%)	特异因子 1 (24.4%)	特异因子 2 (13.0%)	特异因子 3 (9.8%)	特异因子 4 (7.3%)
	Marginal factor	Specific factor 1	Specific factor 2	Specific factor 3	Specific factor 4
竹阔混交林频率 Frequency of mixed bamboo and broadleaf	0.778	-0.128	0.118	-0.026	-0.004
到竹阔混交林距离 Distance to mixed bamboo and broadleaf	-0.491	-0.361	0.338	-0.167	-0.196
到河流干流距离 Distance to main stream	-0.195	0.054	-0.025	-0.189	0.131
到灌草丛距离 Distance to scrub-grassland	-0.170	0.119	0.198	0.257	0.737
海拔 Elevation	-0.138	-0.087	-0.514	-0.057	-0.180
坡度 Slope	-0.135	-0.016	-0.053	0.027	-0.043
到农地距离 Distance to farmland	0.128	-0.011	0.117	0.017	-0.088
海拔标准差 Standard deviation of elevation	-0.112	0.360	-0.025	0.702	-0.038
到河流支流距离 Distance to branch stream	-0.067	0.057	0.062	-0.168	0.082
坡向 Aspect	0.064	-0.041	-0.053	-0.116	-0.054
森林频率 Frequency of forest	0.061	-0.435	0.114	0.378	0.316
到乡村公路距离 Distance to country road	-0.052	-0.023	-0.084	0.018	-0.220
到山谷距离 Distance to valley	-0.047	0.042	0.176	-0.160	-0.078
灌草丛频率 Frequency of scrub-grassland	0.034	-0.151	0.055	-0.001	0.363
到山脊距离 Distance to ridges	0.031	-0.028	-0.065	-0.224	0.128
到城镇距离 Distance to towns	0.029	0.682	0.492	-0.203	-0.118
到村寨距离 Distance to villages	0.029	0.013	0.013	0.029	-0.035
坡位 Slope position	-0.026	0.020	-0.058	0.060	0.145
到高速公路距离 Distance to highway	-0.008	-0.119	0.490	0.259	-0.099

表 4 勐腊子保护区内栖息地状况表

Table 4 Habitat status inside Mengla Sub-reserve

栖息地种类 Habitat category	整个保护区 The whole reserve		2006—2007 年亚洲象分布区 Range of 2006—2007	
	面积/km ²	所占比例	面积/km ²	所占比例
	Area	Percentage	Area	Percentage
最适栖息地 Optimal habitat	46.0	3.9%	25.8	11.6%
较适栖息地 Suitable habitat	158.0	13.7%	53.3	24.1%
边际栖息地 Marginal habitat	124.5	10.8%	37.8	17.1%
非栖息地 Unsuitable habitat	824.8	71.5%	104.3	47.1%
合计 Total area	1153.3	100%	221.2	100%

表 5 勐腊子保护区内亚洲象偏好栖息地斑块比较表

Table 5 Habitat status of the two patches of preferred habitat by elephants inside Mengla Sub-reserve

栖息地种类 Habitat category	斑块 1 Patch1		斑块 2 Patch 2	
	面积/km ²	所占比例/%	面积/km ²	所占比例/%
	Area	Percentage	Area	Percentage
最适栖息地 Optimal habitat	31.75	21.0	14.25	8.0
较适栖息地 Suitable habitat	65.00	43.2	93.00	52.2
边际栖息地 Marginal habitat	53.75	35.8	70.75	39.8
合计 Total area	150.50	100	178.00	100

3 讨论

3.1 栖息地丧失和非法盗猎等人为干扰严重影响亚洲象在勐腊子保护区的分布

森林面积不断减小导致的栖息地丧失和破碎化是亚洲象在勐腊子保护区外的分布区域逐渐消失的主要原因。在勐腊县,除勐腊和尚勇保护区,象明、易武、瑶区等许多保护区外的区域曾经都是亚洲象的重要分布区。但在 1975—2005 年间,勐腊县的人口数量从 13.2 万迅速增长到 20.3 万人,期间当地的橡胶种植面积也急剧增加,从 1975 年的 47.67 km² 增长到 2005 年的 967.37 km²,而与之相反的是森林面积的不断减小,已从 1975 年的 5135 km² 减少到 2005 年的 4330 km²,共减少了 15.7%^[17-18]。因此,随着勐腊县森林面积的不断减少,亚洲象的适宜栖息地不断地减少和破碎化,它们被迫逐渐从保护区外的区域消失并主要局限于勐腊、尚勇保护区及周边植被保存较为完好的区域^[16]。

非法盗猎不仅使亚洲象的数量减少、两性性比失衡,而且会使亚洲象远离盗猎多发区,导致一些原本适宜的天然栖息地得不到充分利用^[19-20]。勐腊子保护区及周边村寨众多,保护区内共有 54 个村寨,保护区边缘有 51 个村寨,并且还是多民族聚居区,居住着汉、傣、瑶、哈尼、壮、克木等 6 个民族^[21]。当地的傣族、哈尼族、瑶族等少数民族长期以来都有狩猎的习惯,因此在 1998 年全面禁枪禁猎以前,包括亚洲象在内的野生动物盗猎案件在当地频繁发生,在 1982—1985 年间,全县共发生猎杀珍稀动物案件 36 起,查处猎杀亚洲象、印度野牛、虎 (*Panthera tigris*)、水鹿 (*Rusa unicolor*) 案件 27 起^[22]。因此,禁枪禁猎以前频繁发生的盗猎和栖息地的不断丧失使得亚洲象从勐腊子保护区内消失,至 1996—1997 年调查时亚洲象仅分布于南部的尚勇保护区及其周边地区。

然而从 1998 年开始,西双版纳进行全面的禁枪禁猎,对猎杀亚洲象等濒危野生动物的惩罚也更为严厉,因此国内针对亚洲象的盗猎活动几乎消失,但是南部的尚勇保护区由于与老挝的南木哈保护区毗邻,而邻国老挝的非法盗猎活动依然猖獗,并且经常有老挝的盗猎分子从南木哈保护区非法跨境进入尚勇保护区南部及核心区猎杀亚洲象,仅在 1992—

2007 年间尚勇保护区内就有 32 头亚洲象死亡^[23],频繁的盗猎使得亚洲象在该保护区的生存环境不断恶化,栖息地不断缩小,最终迫使一些象群向保护区外相对安全的区域扩散,有些向西开辟了新的活动廊道并跨越国境往返于中老之间^[24],有些则向北扩散并于 1999 年开始陆续重返勐腊子保护区。

而 2002—2003 年在勐腊子保护区西部活动的 3 只亚洲象是从西北部勐养保护区扩散过来的,同样也是由于勐养保护区内栖息地的不断减少和人为干扰的加剧导致当地亚洲象种群陆续向北和向南扩散^[9]。

3.2 食物资源是决定亚洲象主要活动路线的主要因素

由于食物的季节性变化,为获得充足的食物资源,大象需要在若干个食物相对丰富的生境斑块间巡回取食^[19, 25],而且出于对盐分等矿物质的需求,它们也往往要长途跋涉寻找天然硝塘以获取矿物质,因此,它们会开辟固定的迁移路线以便获取食物和矿物质资源。作为陆地上最大的动物,大象作上下垂直运动时,能量消耗远大于其他动物^[19],因此,为节省体力,它们一般选择在海拔较低,地势较平,坡度较小的区域内活动,在翻越山脉时它们也会偏好选择坡度较缓的山脊和地势平缓的沟谷作为主要行进路线^[9-10]。此外,由于保护区内村寨众多,村寨周围种植的玉米、水稻、甘蔗等农作物不仅更可口,而且营养物质也更为丰富,对于大象来说,取食农作物能获得更大的生长和生殖回报,因此,在天然植物和农作物并存的情况下,取食农作物更符合它们的最佳取食策略^[19]。自 1998 年禁枪禁猎之后,亚洲象在中国境内大部分地区不再受到盗猎威胁,当地农民也失去了防御及驱赶亚洲象的最有效方式,而普通的防象方法,如火堆、鸣炮、吹号、电围栏等都无法驱赶大象,导致亚洲象取食农作物的现象越来越频繁,因此,它们开辟的主要路线都延伸到了农田边缘以方便取食农作物。

3.3 勐腊子保护区亚洲象种群和栖息地现状不容乐观,迫于栖息地减少和人为干扰,象群将向保护区的北部和西部进一步扩散

2009 年勐腊子保护区内亚洲象数量为 35—40 头,相比 2007 年的 25—32 头有 8—10 头的增长,除新生小象外,还可能是这期间有新的象群从南部的

尚勇保护区迁入该地区。但即使是 35—40 头这个数量也已经低于国际上公认的稀有物种最小可存活种群的大小(MVP=50),而且 2008 年昆曼高速公路通车后勐腊的象群几乎不再返回尚勇保护区^[26],因此勐腊保护区内的象群已经成为隔离小种群。对西双版纳亚洲象的遗传分析表明当地亚洲象的种群遗传多样性指数很低,栖息地破碎化阻断了种群间有效的基因交流^[6],而隔离小种群其遗传多样性更容易丧失,对种群的长期维持极为不利。

勐腊保护区内适宜亚洲象生存的天然栖息地很少,仅有 28.5%,而且在本研究期间仅有东南部的斑块 1 为亚洲象所利用,此外,在亚洲象分布区内仍存在着大量作物田、橡胶林、茶叶地等不适宜栖息地(图 3),这些不适宜栖息地与适宜栖息地犬牙交错,也客观加大了亚洲象在迁移途中与农作物和经济作物相遇的几率,并导致人象冲突的加剧,威胁象群的长期生存。当一个地方环境发生突变,使栖息地恶化,食物减少或干扰增大时,动物通常会被迫扩散到新的空间以获得更大的生存机会^[27]。目前在勐腊保护区内砍伐天然林种植橡胶和茶叶的情况仍时有发生,亚洲象的适宜栖息地仍在不断地减少和破碎化,并伴随人象冲突和人为干扰的不断加剧,因此迫于生存压力,当地的象群很可能会继续向外扩散以寻求更安全的庇护地和更多的食物。根据栖息地评价,勐腊保护区西北部的适宜栖息地斑块 2 仍未被亚洲象所利用,而它与斑块 1 的直线距离仅为 8.2 km,并且之间没有国道和高速公路等繁忙道路阻隔,因此象群应该会选择向北和向西扩散并最终进入西北部的斑块 2 活动,但是在扩散过程中需要途径大量的社区,势必会导致更大范围的人象冲突。在 2010 年,当地管理人员的调查表明,勐腊保护区内亚洲象的活动范围已经包含保护区东部的大部分区域,并已进入西北部斑块 2 的部分地区活动^[21],因此也验证了本研究中栖息地模型预测的结果。此外,在云南的普洱地区,用本研究同样的栖息地评价方法预测普洱江城存在亚洲象的适宜栖息地,而在 2011 年 10 月便有一群亚洲象从西双版纳勐养保护区进入该地区活动^[28],这说明利用 ENFA 模型进行亚洲象的栖息地评价和预测具有较高的准确性和实际应用性。

3.4 保护建议

天然森林的不断减少和严重的盗猎是导致亚洲

象栖息地不断减少和破碎化的主要原因,由此导致的人象冲突也不断加剧,严重影响了当地群众对保护亚洲象的认同和参与^[29-31],对亚洲象的长期保护非常不利,因此应该加强执法和管理,杜绝天然林的滥砍滥伐,严厉打击境内外非法盗猎,使亚洲象和其他野生动物的栖息地不再减小,盗猎不再威胁它们的种群和栖息地安全。

勐腊保护区内的亚洲象均是从南部的尚勇保护区迁移而来,然而公路和森林砍伐等人为干扰导致亚洲象无法在这两个保护区之间自由来往和基因交流,种群隔离问题在勐养保护区和普洱地区的象群之间也同样存在并愈发严重^[9,28],为保护中国亚洲象种群的长期维持和健康发展,需要尽快在这些隔离种群之间建立生态廊道以恢复种群之间的交流,并扩大亚洲象的栖息地。目前西双版纳当地政府和保护区管理部门也意识到建立生态廊道的重要性,并将廊道建设纳入《西双版纳国家级自然保护区总体规划(2005—2015)》之中,同时启动了“亚洲象保护廊道设计技术研究”和“西双版纳生物多样性保护廊道建设示范”等项目^[32],对在西双版纳建立亚洲象生态廊道做出了有益的尝试,但其廊道设计并未使用本研究中所使用的 EFNA 模型,因此建议能加入 ENFA 模型使廊道设计更为合理,可行性更强。此外,除西双版纳和普洱之外,在云南西部沧源的南滚河保护区内也有亚洲象的分布,建议对南滚河保护区也应用 ENFA 模型进行栖息地评价,并建立中国亚洲象适宜栖息地评价系统,以便为中国亚洲象栖息地的整体规划和管理提供科学的参考和建议。

为缓解人象冲突,实现人象和谐共处,需要多方面多渠道探讨并尝试缓解人象冲突的办法。为使野象在农作物收获季节仍留在保护区内,减少对保护区外村寨的破坏,西双版纳自然保护区在一些地方尝试建立食物园基地,在基地内种植水稻、玉米、甘蔗、芭蕉、王草等,试验表明虽然食物园基地能在一定程度上缓解亚洲象对周围村寨的危害,但只在短期内有效,而且由于数量和面积较小,对减少保护区周边村民的经济损失并没有产生直接和明显的效果,反而加剧了亚洲象对农作物的依赖性,导致其更频繁地侵扰附近村寨^[30-31],因此应该考虑改变种植植物的品种以降低大象对作物的依赖性。对大象所

造成的财产损失,调查表明可以通过给予合理补偿让农户满意而支持亚洲象保护工作^[29],在西双版纳已经尝试由商业保险代替地方财政进行赔偿,赔付额度比过去提高了不少,对缓解人象冲突起到了积极的作用^[33],未来应该在补偿机制方面进一步完善,争取将野生动物肇事补偿纳入国家财政预算。此外,由于象群仍在不断向周边地区扩散,因此当地管理部门应在野象新到达的地区如勐腊子保护区内的瑶区、勐远等片区进行及时深入的宣传工作,帮助当地群众了解亚洲象的保护意义和行为习性,通过监测网络建立亚洲象预警网络,并及时对新出现的象损进行补偿,以最大程度地减少财产损失和人员伤亡。

各国的边境地区往往都是相对偏僻、落后的地区,政府在这些区域的管理相对薄弱,因此成为毁林、盗猎等现象的多发区域,除需要加强各国自身的管理和保护力度之外,国际间的合作交流变得日益重要,建立跨国保护区联盟及开展联合反盗猎活动在各国间已经得到普遍的共识^[2,34]。在勐腊子保护区活动的象群频繁往返于中国老挝境内,但是在本研究中,由于条件所限,无法越过国境线进入老挝境内开展野外调查和村寨访问工作,亚洲象在老挝的分布范围、栖息地状况和受到的人为干扰等重要信息都无法知晓,因此迫切需要打破国界限制,尽快在中老之间建立跨境合作,共同开展亚洲象的种群和栖息地保护和研究。2009年12月底西双版纳的尚勇子保护区和老挝北部南木哈保护区建立了总面积10万hm²的跨国界保护区域;2013年1月底,西双版纳和老挝北部南塔、丰沙里和欧度母塞三省合作已在中老边境一线规划建设20万hm²的“中老联合保护区域”,以期共同加强跨边境区域的生物多样性保护合作。今后需尽快开展该区域内以跨边界亚洲象种群为代表的濒危物种及其栖息地联合研究,为制定合理的亚洲象保护和栖息地管理策略提供全面科学的依据,同时持续开展跨境反盗猎合作,保护亚洲象的种群和栖息地安全。

致谢: 野外工作期间得到云南省西双版纳国家级自然保护区管理局杨松海、黄建国、刘林云、陶庆、董永华,勐腊子保护区许海龙、宋军平、邓志云、胡定生及勐腊子保护区全体护林员的大力支持和帮助。

References:

- [1] Sun G, Xu Q, Jin K, Wang Z T, Lang Y. The historical withdrawal of wild elephants *Elephas maximus* in China and its relationship with human population pressure. *Journal of Northeast Forestry University*, 1998, 26(4): 47-50.
- [2] Zhang L, Ma L C, Feng L M. New challenges facing traditional nature reserves: Asian elephant (*Elephas maximus*) conservation in China. *Integrative Zoology*, 2006, 1(4): 179-187.
- [3] Zhang L. Current conservation status and research progress on Asian elephants in China. *Gajah*, 2007, 27: 35-41.
- [4] Sukumar R. A Brief Review of The Status, Distribution and Biology of Wild Asian Elephants *Elephas maximus*. *International Zoo Yearbook*, 2006, 40(1): 1-8.
- [5] Pan W J, Lin L, Luo A D, Zhang L. Corridor use by Asian elephants. *Integrative Zoology*, 2009, 4(2): 220-231.
- [6] Yang F, Zhang L. Population genetic structure and population genetic diversity analysis based on mitochondrial DNA of Asian elephant (*Elephas maximus*) in China. *Acta Theriologica Sinica*, 2012, 32(2): 90-100.
- [7] Zhu W Q. A Preliminary Study on Asian Elephant (*Elephas maximus*) Population Ecology in Shangyong Nature Reserve, Xishuangbanna, Yunnan Province [D]. Beijing: Beijing Normal University, 2006.
- [8] Yuan Z Q, Zhang L. Population and activity characteristic of wild Asian elephants in the Wild Elephant Valley, Xishuangbanna National Nature Reserve, Yunnan, China. *Acta Theriologica Sinica*, 2006, 26(4): 359-367.
- [9] Lin L, Feng L M, Pan W J, Guo X M, Zhao J W, Luo A D, Zhang L. Habitat selection and the change in distribution of Asian elephants in Mengyang Protected Area, Yunnan, China. *Acta Theriologica*, 2008, 53(4): 365-374.
- [10] Feng L M, Zhang L. Habitat selection by Asian elephant (*Elephas maximus*) in Xishuangbanna, Yunnan, China. *Acta Theriologica Sinica*, 2005, 25(3): 229-236.
- [11] Survey Group of Xishuangbanna Nature Reserve. Reports on a Comprehensive Survey of the Xishuangbanna Nature Reserve. Kunming: Yunnan Science and Technology Press, 1987: 1-478.
- [12] Hirzel A H, Hausser J, Chessel D. Ecological-niche factor analysis: how to compute habitat-suitability maps without absence data? *Ecology*, 2002, 83(7): 2027-2036.
- [13] Jin Y F. Assessment of Asian Elephant Habitat and Design of Ecological Corridors in Xishuangbanna [D]. Beijing: Beijing Normal University, 2010.
- [14] Research Group 1, Institute of Zoology of Yunnan. The distribution and natural conservation of wild elephants in Yunnan. *Chinese Journal of Zoology*, 1976, (2): 38-39.
- [15] Yang D H, Zhang J Y, Li C. Habitat and population of wild elephants in Yunnan. *Wildlife*, 1987, 7(1): 16-17.
- [16] Wu J L, Jiang W G, Hu J S, Li Z Q, Li C H. Changes of distribution range of Asian elephant in Xishuangbanna in last 40 years. *Chinese Wildlife*, 1999, 20: 8-9.
- [17] Statistical Bureau of Mengla County. Great Changes of Mengla from 1949 to 1999. Beijing: China Statistics Press, 1999: 20-34.
- [18] Statistical Bureau of Mengla County. Statistical Yearbook of

- Mengla County (2005). Beijing: China Statistics Press, 2005: 100-102.
- [19] Sukumar R. The Living Elephants: Ecology, Behavior, and Conservation. New York; Oxford University Press, 2003: 1-161.
- [20] Nelson A, Bidwell P, Sillero-Zubiri C. A Review of Human-Elephant Conflict Management Strategies. Oxford: Oxford University, 2003: 1-27.
- [21] Xu H L, He Y C, Guo X M. Asian elephants' activity changes in Mengla reserve and protection measures. Forest Inventory and Planning, 2011, 36(6): 84-87.
- [22] Compilation Committee for Mengla County Annals. Mengla County Annals. Kunming: Yunnan People's Press, 1994: 65-74, 231-235.
- [23] Lin L, Zhang L T, Luo A D, Wang L F, Zhang L. Population dynamics, structure and seasonal distribution pattern of Asian elephant (*Elephas maximus*) in Shangyong Protected Area, Yunnan, China. Acta Theriologica Sinica, 2011, 31(3): 226-234.
- [24] Lin L, Zhu W Q, Zhang L T, Feng L M, Wang L F, Tao Q, Zhang L. The opening up and utilization of a new movement corridor by Asian elephants (*Elephas maximus*) in Shangyong Nature Reserve, Yunnan. Acta Theriologica Sinica, 2008, 28(4): 325-332.
- [25] Zhang L, Wang N. An initial study on habitat conservation of Asian elephant (*Elephas maximus*), with a focus on human elephant conflict in Simao, China. Biological Conservation, 2003, 112(3): 453-459.
- [26] Sun G. The Impact of Xiaomo Highway in Xishuangbanna on Asian Elephants and Other Wildlife [D]. Beijing: Beijing Normal University, 2009.
- [27] Jiang Z G. Principle of Animal Behavior and Measures of Species Conservation. Beijing: Science Press, 2004: 237-238.
- [28] Dai J. Evaluation of Asian Elephant Habitat in Pu'er [D]. Beijing: Beijing Normal University, 2012.
- [29] Liu X, Ma J Z. Compensation criteria based on farmers' willingness to accept for the region damaged by Indian elephants in China. Journal of Northeast Forestry University, 2011, 39(11): 114-116.
- [30] Guo X M, He Q C, Wang L X, Yang Z B, Li Z Y, Zhu Z Y. Effects of Asian elephant food source base on the mitigation of human-elephant conflict in Xishuangbanna of Yunnan Province, Southwest China. Chinese Journal of Ecology, 2012, 31(12): 3133-3137.
- [31] He Q C, Wu Z L, Zhou W, Dong R. Perception and attitudes of local communities towards wild elephant-related problems and conservation in Xishuangbanna, Southwestern China. Chinese Geographical Science, 2011, 21(5): 629-636.
- [32] Chen M Y, Li Z L, Guo X M, Yang Z B, Dong Y H. Research of Asian Elephant Conservation Corridors in China. Kunming: Yunnan Science and Technology Press, 2010: 73-85.
- [33] Guo X M, Yang Z B, Wang L X, Zhao J W. Causes and mitigating strategies for Human-Elephant conflicts in Xishuangbanna prefecture. Forest Inventory and Planning, 2012, 37(2): 103-126.
- [34] Santiapillai C, Sukumar R. An overview of the status of the Asian elephant. Gajah, 2006, 25: 3-8.

参考文献:

- [1] 孙刚, 许青, 金昆, 王振堂, 郎宇. 野象在中国的历史性消退及与人口压力关系的初步研究. 东北林业大学学报, 1998, 26(4): 47-50.
- [6] 杨帆, 张立. 基于线粒体 DNA 的中国亚洲象种群遗传多样性及种群遗传结构. 兽类学报, 2012, 32(2): 90-100.
- [7] 朱文庆. 云南西双版纳尚勇保护区亚洲象 (*Elephas maximus*) 种群生态的初步研究 [D]. 北京: 北京师范大学, 2006.
- [8] 袁志强, 张立. 西双版纳三岔河地区野生亚洲象的个体识别、种群数量和活动特点. 兽类学报, 2006, 26(4): 359-367.
- [10] 冯利民, 张立. 云南西双版纳尚勇保护区亚洲象对栖息地的选择. 兽类学报, 2005, 25(3): 229-236.
- [11] 西双版纳自然保护区综合考察团. 西双版纳自然保护区综合考察报告集. 昆明: 云南科技出版社, 1987: 1-478.
- [13] 金延飞. 西双版纳亚洲象栖息地适宜度评价及生态廊道规划 [D]. 北京: 北京师范大学, 2010.
- [14] 云南省动物研究所第一研究室兽类组. 云南野象的分布和自然保护. 动物学杂志, 1976, (2): 38-39.
- [15] 杨德华, 张家银, 李纯. 云南野象的习性和数量. 野生动物, 1987, 7(1): 16-17.
- [16] 吴金亮, 江望高, 胡健生, 李宗强, 李春红. 近 40 年来亚洲象在西双版纳的分布变迁. 野生动物, 1999, 20(3): 8-9.
- [17] 勐腊县统计局. 五十年巨变 1949—1999. 北京: 中国统计出版社, 1999: 20-34.
- [18] 勐腊县统计局. 勐腊县统计年鉴 2005. 北京: 中国统计出版社, 2005: 100-102.
- [21] 许海龙, 何有才, 郭贤明. 勐腊保护区亚洲象活动变化及保护措施. 林业调查规划, 2011, 36(6): 84-87.
- [22] 勐腊县志编撰委员会. 勐腊县志. 昆明: 云南人民出版社, 1994: 65-74, 231-235.
- [23] 林柳, 张龙田, 罗爱东, 王利繁, 张立. 尚勇保护区亚洲象种群数量动态、种群结构及季节分布格局. 兽类学报, 2011, 31(3): 226-234.
- [24] 林柳, 朱文庆, 张龙田, 冯利民, 王利繁, 陶庆, 张立. 云南西双版纳尚勇保护区亚洲象新活动廊道的开辟和利用. 兽类学报, 2008, 28(4): 325-332.
- [26] 孙戈. 西双版纳小磨公路对亚洲象及其它动物的影响 [D]. 北京: 北京师范大学, 2009.
- [27] 蒋志刚. 动物行为原理与物种保护方法. 北京: 科学出版社, 2004: 237-238.
- [28] 代娟. 普洱亚洲象栖息地适宜度评价 [D]. 北京: 北京师范大学, 2012.
- [29] 刘欣, 马建章. 中国亚洲象损害地区农户受偿意愿调查. 东北林业大学学报, 2011, 39(11): 114-116.
- [30] 郭贤明, 何馨成, 王兰新, 杨正斌, 李中员, 朱子悦. 西双版纳亚洲象食物源基地对缓解人象冲突的效应. 生态学杂志, 2012, 31(12): 3133-3137.
- [32] 陈明勇, 李正玲, 郭贤明, 杨正斌, 董永华. 中国亚洲象保护廊道研究. 昆明: 云南科技出版社, 2010: 73-85.
- [33] 郭贤明, 杨正斌, 王兰新, 赵建伟. 西双版纳亚洲象肇事原因分析及缓解对策探讨. 林业调查规划, 2012, 37(2): 103-126.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.34, No.7 Apr., 2014 (Semimonthly)
CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- The 5000-year climate change of northeastern Qinghai-Tibetan Plateau and historical ecology of Zoige wetlands HE Yixin, WU Ning, ZHU Qiu'an, et al (1615)
- Altitudinal distribution rule of *Picea schrenkiana* forest's soil organic carbon and its influencing factors Aminem ELI, CHANG Shunli, ZHANG Yutao, et al (1626)

Autecology & Fundamentals

- Daily stem radial variation of *Pinus koraiensis* and its response to meteorological parameters in Xiaoxing' an mountain LI Xinghuan, LIU Ruipeng, MAO Zijun, et al (1635)
- Effects of logging residues on surface soil biochemical properties and enzymatic activity WU Bobo, GUO Jianfen, WU Junjun, et al (1645)
- Characteristics of soil macroaggregates under typical forests in Pangquangou Nature Reserve BAI Xiumei, HAN Youzhi, GUO Hanqing (1654)
- Modeling tree crown structure of Simao pine (*Pinus kesiya* var. *langbianensis*) natural forest OU Guanglong, XIAO Yifa, WANG Junfeng, et al (1663)
- Influence of magnesium deficiency and excess on chlorophyll fluorescence characteristics of Newhall navel orange leaves LING Lili, HUANG Yi, PENG Liangzhi, et al (1672)
- Seed foraging and dispersal of Chinese yew (*Taxus chinensis* var. *mairei*) by frugivorous birds within patchy habitats LI Ning, WANG Zheng, LU Changhu, et al (1681)
- Interactions between heavy metal lead and two freshwater algae LIU Lu, YAN Hao, LI Cheng, et al (1690)
- Annual variations of the primary productivity and its size-fractioned structure in culture ponds of *Apostichopus japonicus* Selenka JIANG Senhao, ZHOU Yibing, TANG Boping, et al (1698)
- Growth and photosynthetic activity of *Microcystis* colonies after gut passage through silver carp and bighead carp WANG Yiping, GU Xiaohong, ZENG Qingfei, et al (1707)
- Contents of two coumarins in *Ipomoea cairica* and their effects on *Pomacea canaliculata*, *Orzya sativa*, and *Echinochloa crusgalli* YOU Changyan, YANG Yu, HU Fei, et al (1716)

Population, Community and Ecosystem

- Population and habitat status of Asian elephants (*Elephas maximus*) in Mengla Sub-reserve of Xishuangbanna National Nature Reserve, Yunnan of China LIN Liu, JIN Yanfei, CHEN Dekun, et al (1725)
- Seasonal changes of functional guilds of fish community in Laizhou Bay, East China LI Fan, XU Bingqing, MA Yuanqing, et al (1736)
- Effect of long-term fertilization pattern on weed community diversity in wheat field JIANG Min, SHEN Mingxing, SHEN Xinping, et al (1746)
- Ecological process of water transformation in furrow and ridge mulching system in oat field under extreme drought scenario ZHOU Hong, ZHANG Hengjia, MO Fei, et al (1757)

Landscape, Regional and Global Ecology

- Simulations and analysis on the effects of landscape pattern change on flood and low flow based on SWAT model LIN Bingqing, CHEN Xingwei, CHEN Ying, et al (1772)
- Phenological variation of alpine grasses (Gramineae) in the northeastern Qinghai-Tibetan Plateau, China during the last 20 years XU Weixin, XIN Yuanchun, ZHANG Juan, et al (1781)
- Landscape aesthetics in different areas of Lijiang City GUO Xianhua, ZHAO Qianjun, CUI Shenghui, et al (1794)
- Temporal and spatial pattern of *Scenedesmus* in the river web of the Pearl River Delta, China WANG Chao, LI Xinhui, LAI Zini, et al (1800)

- Spatiotemporal dynamics of bacterial abundance and related environmental parameters in Lake Bosten
 WANG Bowen, TANG Xiangming, GAO Guang, et al (1812)
- Scale domain recognition for land use spatial fractal feature based on genetic algorithm
 WU Hao, LI Yan, SHI Wenzhong, et al (1822)
- Relationships of stable carbon isotope of *Abies faxoniana* tree-rings to climate in sub-alpine forest in Western Sichuan
 JIN Xiang, XU Qing, LIU Shirong, et al (1831)
- An exploratory spatial data analysis-based investigation of the hot spots and variability of *Ommastrephes bartramii* fishery resources
 in the northwestern
 Pacific Ocean FENG Yongjiu, CHEN Xinjun, YANG Mingxia, et al (1841)
- Urban, Rural and Social Ecology**
- Spatial differentiation research of non-use value WTP based on the residents' ecological cognition: taking the sanjiang plain as a case
 GAO Qin, AO Changlin, CHEN Hongguang, et al (1851)
- Contamination characteristics in surface water and coastal groundwater of Hunhe River
 CUI Jian, DU Jizhong, WANG Xiaoguang (1860)
- Social ecological system and vulnerability driving mechanism analysis YU Zhongyuan, LI Bo, ZHANG Xinshi (1870)
- Research Notes**
- Effects of iso-osmotic $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ and NaCl stress on growth and physiological characteristics of cucumber seedlings
 ZHOU Heng, GUO Shirong, SHAO Huijuan, et al (1880)
- View Point**
- The discussion about the designation and content of ecological conservation and construction SHEN Guofang (1891)

《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 魏辅文 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 34 卷 第 7 期 (2014 年 4 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 34 No. 7 (April, 2014)

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

主 编 王如松
主 管 中国科学技术协会
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

出 版 科 学 出 版 社
地址:北京东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717

印 刷 北京北林印刷厂
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

订 购 全国各地邮局
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

广告经营 京海工商广字第 8013 号
许 可 证

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

Editor-in-chief WANG Rusong
Supervised by China Association for Science and Technology
Sponsored by Ecological Society of China
Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS
Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China

Published by Science Press
Add: 16 Donghuangchenggen North Street,
Beijing 100717, China

Printed by Beijing Bei Lin Printing House,
Beijing 100083, China

Distributed by Science Press
Add: 16 Donghuangchenggen North
Street, Beijing 100717, China
Tel: (010)64034563
E-mail: journal@cspg.net

Domestic All Local Post Offices in China
Foreign China International Book Trading
Corporation
Add: P.O.Box 399 Beijing 100044, China



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