

# 探索长江流域物种濒危机制与保护对策

蒋志刚<sup>1\*</sup> 葛 颂<sup>2\*</sup>

1 (中国科学院动物研究所, 北京 100080)

2 (中国科学院植物研究所系统与进化植物学重点实验室, 北京 100093)

## Exploring the mechanism of species endangerment and conservation strategy in the Yangtze River drainage

Zhigang Jiang<sup>1\*</sup>, Song Ge<sup>2\*</sup>

1 Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080

2 Laboratory of Systematic and Evolutionary Botany, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093

据IUCN2004年颁布的红色名录统计, 全球大约12%的鸟类、23%的兽类、32%的两栖动物和10%的高等植物濒临灭绝(Ballie *et al.*, 2004)。由于对全球爬行动物的统计尚未全部完成, 我们尚不知道爬行动物的具体濒危比例。但是, 在统计得比较完全的龟鳖类爬行动物中, 42%的种类濒临灭绝。全球植物中只有针叶树种和苏铁类进行过较完全的统计, 这两类植物的濒危比例达25%和52%(Ballie *et al.*, 2004)。

在世界的濒危物种中, 中国所占比例相对较高(Ballie *et al.*, 2004)。为什么有这么多物种濒危? 怎样拯救这些濒危物种? 这是各国科学家都关注的问题。在过去的5年中, 作为国家科技部的重大基础研究项目(973项目)“长江流域生物多样性变化、可持续利用与区域生态安全”的课题之一, 我们组织了中国科学院动物研究所、中国科学院植物研究所、北京师范大学、北京大学、浙江大学、武汉大学等研究机构与大学的相关研究人员对长江流域有代表性的稀有和濒危物种的濒危机制和保护策略开展了多学科研究和探讨。

长江流域具有丰富的生物多样性, 也是我国国民经济发展、自然资源利用与生物多样性保护之间矛盾最为尖锐的地区之一。这一区域是地球上独具特色的亚热带的核心地区, 也是我国的黄

金水道和经济发展的重心。长江上游是我国实施西部大开发的重点区域之一, 长江中下游的湿地在蓄洪泄洪中发挥着不可替代的作用。但是, 近一个世纪以来, 这一区域的生态环境遭到了严重的破坏, 生物多样性的生态系统功能显著减弱甚至丧失, 许多湖泊萎缩消亡, 旱涝灾害频繁, 制约了长江流域乃至整个中国经济的发展, 因此, 长江问题成为我国历届政府关注的重点。选择这一区域开展生物多样性保护、生态系统恢复以及生态安全格局的可持续性研究具有重大的科学意义和现实意义。

2000年, 在项目首席科学家洪德元院士的组织和领导下, 我们主持了“长江流域生物多样性变化、可持续利用与区域生态安全”项目的第5课题“物种濒危机制与保育对策研究”, 选择了濒危物种麋鹿(*Elaphurus davidianus*)、朱鹮(*Nipponia nippon*)、金丝猴(*Rhinopithecus roxellana*)、大熊猫(*Ailuropoda melanoleuca*)、白冠长尾雉(*Syrmaticus reevesii*)、白颈长尾雉(*S. ellioti*)、独花兰(*Changnienia amoena*)、明党参(*Changium smyrnioides*)、中华水韭(*Isoetes sinensis*)、银杉(*Cathaya argyrophylla*)等开展研究。这些物种的生物学特性和地理分布基本清楚, 具有一定的种群数量, 取样、饲养或栽培方便, 比较有类群代表

收稿日期: 2005-08-08; 接受日期: 2005-09-05

基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目(G2000046805)

\* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: jiangzg@ioz.ac.cn, gesong@ibcas.ac.cn

性,并具有重要的经济或社会价值。本课题拟通过对这些濒危动植物物种的多学科研究,阐明其濒危机制,制定相应的保护措施,探索濒危物种人工繁育和种群恢复的有效途径。

经过近5年的研究,课题组成员团结合作、跋山涉水,研究点遍布整个长江流域(图1)。我们研究了这些濒危物种的历史与现时分布以及栖息地斑块的大小、形状和分布格局;结合集合种群(meta-population)理论,探讨了局域种群的隔离机制和生灭过程、生境变化和动植物种群结构变化之间的关系、栖息地斑块中物种存活的机制以及影响小种群生存力的因素。利用非损伤性DNA提取方法和DNA指纹技术,结合形态学和细胞学分析,揭示了一些濒危物种的遗传多样性和种群遗传结构;研究了繁育系统、遗传漂变以及近交对小种群生存的影响;探索了统计随机性因素与小种群生存力的关系;研究了个体扩散机制与避免近交的关系,分析了物种濒危的关键环节。我们还分析了动物繁殖制度与进化稳定性,探讨了种间互作对物种生存的影响;通过遗传学、生殖与生理生态学研究,分析了现存环境下种群消亡的环境阈值,揭示了环境胁迫对物种生长、繁殖过程和物种生存状态的影响。在此基础上,我们提出了濒危物种的保护对策,参与了人工繁殖濒危物种重归自然的实验,为恢复野生状态下已经绝灭的野生生物摸索经验,并探讨物种恢复的有效途径。

本课题5年来在上述各方面的研究中已取得明显的进展,在国内外重要学术刊物上发表了相关研究论文112篇,专著4部。本期《生物多样性》刊载了本课题组部分专题的最新研究结果,我们借此机会对本课题的进展作一个简要介绍。

## 1 物种濒危的进化与生态机制

不同物种的进化历史和生物学特性差别很大,因此,其濒危机制也不尽相同。蒋志刚和樊恩源(2003)提出了生态濒危物种与进化濒危物种的概念。“进化濒危物种”是指那些种群数量稀少、分布区狭窄的子遗物种;或环境变化后,由于适应环境的能力较差而面临灭绝风险的物种。这类物种是“进化时间尺度”中面临生存危机的物种。“生态濒危物种”是指那些不能适应人类活动造成的生态环境演化,或者受到人类活动直接影响而面临灭绝风险的物种。这类物种是“生态时间尺度”中面临生存危机的物种。如何区分“生态濒危物种”和“进化濒危物种”呢?主要看物种是否是在生态时间尺度里濒危的。为了评价水生野生动物的濒危等级,他们定义的“生态时间尺度”指小于50个生物学世代的时间长度或短于50年的时间尺度,“进化时间尺度”指大于50个生物学世代的时间长度或长于50年。在本研究中,朱鹮、大熊猫、中华水韭、银杉和明党参等濒危物种主要是由于进化的原因而濒危,人类活动加速了其濒危过程;麋鹿、白冠长尾雉、白颈长尾雉主要是由

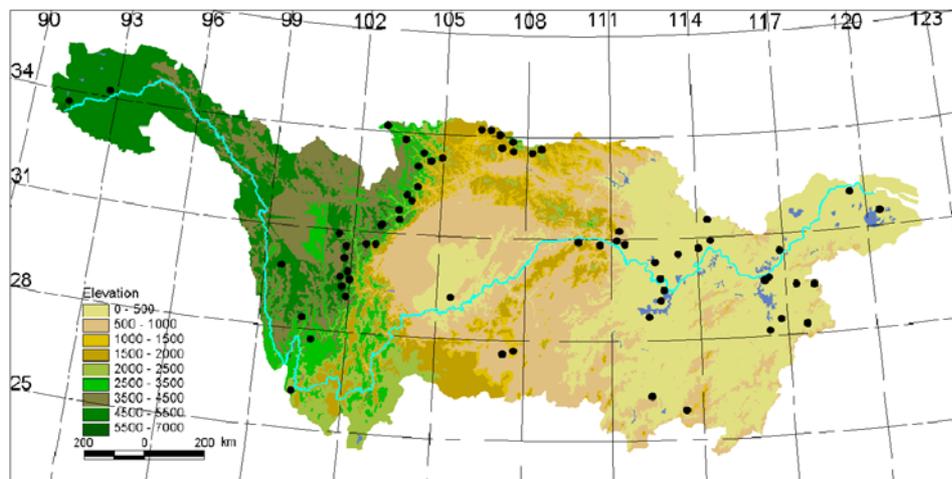


图1 本课题组的研究点在整个长江流域的分布图

Fig. 1 Field research sites of our project group in the Yangtze River drainage

于受人类活动影响而濒危的; 金丝猴、独花兰则受到了进化因素和人类活动的双重影响。

通常, 物种的濒危是多种因素交互作用的结果。对濒危植物独花兰多年的野外调查和定点观测表明, 该物种与大多数稀有濒危植物一样面临着生境片段化和人为活动的干扰(如放牧和采挖等)(Li, A *et al.*, 2002; 李昂等, 2002), 但独花兰特有的传粉模式也是导致其濒危的重要因素。在对其传粉生物进行了深入观察的基础上(Sun *et al.*, 2005), 孙海芹等(2005)进一步从形态学角度探讨了独花兰与其传粉者——熊蜂(*Bombus (Diversobombus) trifasciatus*, *B. (Tricornibombus) imitator*)之间的关系。他们采用统计学方法对庐山、新宁和神农架3个地点12个独花兰自然居群的形态变异进行了研究, 探讨了形态多样性水平和地理变异式样及其可能的适应机制。发现神农架地区龙门河和关门山两个地点间的独花兰居群存在明显的形态分化, 并与两地熊蜂种类(体态大小)存在相关关系, 表明独花兰的形态分化是以传粉者为媒介的自然选择的结果, 而且自然居群中熊蜂拜访独花兰的频率极低, 这可能是导致独花兰稀有或濒危的原因之一。这一结果也说明, 一旦昆虫区系受到破坏, 依赖于昆虫传粉的植物也会面临濒危甚至绝灭的威胁(Sun *et al.*, 2005)。

通过与同科、分布于相同或相近生境的对照种峨参(*Anthriscus sylvestris*)的比较研究, 常杰等(2004)和Ge等(2003)提出濒危种明党参具有不同的生态策略, 并得出明党参濒危的原因不仅仅是强烈人类干扰和生境破碎化, 而是有更深层次的原因, 即进化的原因。(1)明党参在碳积累上属于缓慢积累的生态策略, 在生活史上采用K-对策, 对于强烈干扰的适应能力差, 这是其濒危的原因之一。(2)明党参表型可塑性强, 其投入/获益(cost/benefit)不合理是明党参濒危的原因之一。(3)其生境为中国亚热带常绿阔叶林带中东部地区零星分布的落叶林中及较明亮的竹林下, 这种生境的超特化是明党参濒危的原因之三(Chang *et al.*, 2002; 常杰等, 2004)。

## 2 动物行为与濒危机制

尽管动物行为与濒危物种保护之间有密切关系, 然而, 在濒危物种保护实践中动物行为被忽

视了, 我们对野生动物行为的认识和发现未能及时应用到濒危动物保护中去。因此许多保护项目因为忽视了濒危物种的行为而失败了。在本课题组的研究中, 我们特别重视了行为与物种濒危机制关系的研究。

川金丝猴是我国特有的濒危灵长类动物。李义明等(2005)在神农架自然保护区研究了社群大小的年变化、气候和人类活动对川金丝猴日移动距离的影响。

麋鹿是濒危物种迁地保护的物种, 其圈养历史在2000年以上。中国最后的麋鹿野生种群曾分布在长江中下游人口稠密的地区(曹克清等, 1990)。蒋志刚等(2001a, b)对麋鹿的行为进行了系统的PAE编码, 并探讨了麋鹿行为的结构、刚性及行为表达的空间需求。李春旺等(Li *et al.*, 2001)利用无损伤方法研究了麋鹿的内分泌激素与繁殖启动。在长期的人类驯养条件下, 麋鹿是否对人类干扰产生了适应? Li 等(2001)研究了麋鹿的警戒行为及其对人类干扰的适应性, 并探讨了雄性麋鹿的交配策略, “群主”、“挑战者”和“单身汉”及其进化适应意义(Jiang *et al.*, 2004; 李春旺等, 2005), 研究了雄性麋鹿的吼叫行为与序位等级的关系以及其在成功繁殖中的作用, 发现了雌性个体的隐性性选择, 探讨了繁殖制度和隐性性选择对濒危物种遗传多样性的影响(Li *et al.*, 2004)。

我们在实践中发现迫切需要探索适当的个体标记与行为研究方法。比如在野外研究大熊猫等濒危物种有许多困难, 野生大熊猫个体数量稀少, 其栖息地地形复杂、植被茂密, 野外观察和调查极为困难。鉴于野生大熊猫种群的濒危现状, 已经不允许对其生境进行破坏性或干扰其行为活动的调查。卢学理等(2005)利用自动感应照相系统在秦岭监测了大熊猫以及同域分布的野生动物, 自动感应照相系统是一种非损伤性野生动物调查工具, 在很大程度上弥补了传统调查方法的不足, 为野生动物的调查和研究提供了新的有效途径。尹玉峰等(2005)评价了大熊猫数量调查方法中利用大熊猫粪便中“咬节”区分个体机制的准确性问题, 刘国琪等(2005)在王朗自然保护区调查了大熊猫发情场的嗅味树特征和嗅味标记等等。这些研究都属于方法的探索。

在植物中,昆虫的传粉行为对植物也具有重要的影响。如独花兰的花形态已与其传粉媒介形成了十分精巧的协同进化或适应关系,不管任何因素导致昆虫区系受到破坏,无疑都会影响到独花兰花粉的传播,进而降低植物的繁殖能力,引发或加剧兰花的濒危(Sun *et al.*, 2005; 孙海芹等, 2005)。

### 3 栖息地(生境)破碎化与栖息地(生境)选择

栖息地(生境)破碎化是物种退化和生物多样性衰退的重要原因。关于栖息地破碎化的定义,有两种不同观点:一种看法认为栖息地破碎化是自然隔离造成的,但这种观点受到了批评。反对者认为持这种看法的人对栖息地斑块的划分是主观的、人为的。另一种观点认为栖息地隔离因物种不同而不同,动物的家域与巢域要求、资源斑块的分布等决定物种对栖息地破碎化的耐受程度。对这种看法持反对意见的人认为这种定义给实际研究带来了困难。

丁平等(2001)研究了白颈长尾雉栖息地的植被特征研究。丁平等(2002)研究了景观因子对白颈长尾雉栖息地斑块占有的影响。通过对开化县2002年151个繁殖栖息地斑块的占有与景观因子的关系进行分析发现斑块占有与其面积、形状指数、最近的斑块间距离、邻近指数和植被指数有显著的相关。斑块的面积、斑块的隔离程度及斑块内乔木层植被盖度对白颈长尾雉斑块的占有有显著影响。面积大、隔离程度低乔木盖度高的斑块对白颈长尾雉极具吸引力。面积大于500 hm<sup>2</sup>的斑块都被白颈长尾雉占有,而那些与最近的斑块间距离大于1000 m的斑块没有被白颈长尾雉占有。丁平等还研究了白颈长尾雉栖息地破碎化问题。

尽管植物的种群可以在一定的时间内扩展或迁移,但因个体无法移动,故对生境的破碎化或片断化更为敏感,本课题涉及的濒危植物种都不同程度地受到生境破碎化的影响。生境的破碎化或片断化给植物带来的一个重要后果就是基因流受阻,进而导致种群遗传结构的变化(李昂和葛颂, 2002)。在对蕨类植物水韭属(*Isoetes*)植物种群分布和细胞学等基本生物学研究的基础上(Liu *et al.*, 2004),陈进明等(2004)采用RAPD技术探讨了

中华水韭的遗传多样性,表明中华水韭居群间有强烈的遗传分化而居群内部分化却较小。在对濒危植物宽叶泽苔草(*Caldesia grandis*)湖南浪畔湖种群进行的遗传多样性研究中,陈进明和王青锋(2005)从100个RAPD随机引物中筛选出12个有效引物,揭示了遗传多样性在30个家系之内和家系之间的分布,发现家系内遗传变异占总遗传变异的76.9%,各个家系之间有较高的基因流,为其进一步的保护提供了有益的资料。事实上,栖息地破碎化(或片断化)对许多植物的影响都是显而易见的。

目前关于水生生境的破碎对鱼类种群动态和物种多样性影响的研究不多。长江流域江湖水网体系在过去的50多年内遭到严重破坏,天然鱼类资源骤减(王忠锁等, 2002)。王忠锁等(2005)研究了生境破碎化对银鱼空间发生格局的影响。他们基于长江流域86个湖泊2001–2003年短吻间银鱼种群的发生格局,分析了短吻间银鱼空间分布格局与生境隔离度之间的关系。他们发现有短吻间银鱼分布的湖泊面积较大且隔离度较低;在面积较小而隔离度较高的斑块内短吻间银鱼种群稳定性低,而大面积低隔离的斑块内种群相对稳定。湖泊面积和隔离系数对短吻间银鱼空间分布格局贡献显著。这一研究结果为评价长江流域江湖水网体系破碎化对鱼类的影响提供了数据。保护退化生境中的鱼类资源应着眼于流域尺度,优先保护大而连续的水体,同时注重江湖水网体系的重建,促进局域种群间的个体交流以实现集合种群意义上的种群动态稳定和长期续存。

虽然栖息地空间异质性、破碎化及隔离程度影响种群的生存,然而,有些物种的良好栖息地就是破碎化后或受到扰动后的生境。例如,林窗是一些濒危动植物物种保护实践上有意义的主要生境。故应当考虑如何保护现有的破碎化的生境。

生境破碎化的判别是棘手的问题,我们应当避免以人的感官来判断野生动植物生境的完整与破碎。很多生境是一些濒危物种潜在的栖息地,而有些生境貌似适宜生境,实际上并不是适宜生境。我们的地面调查方法还无法对生境进行正确的判断。

动物的栖息地选择是一个关键问题。张正旺研究组在河南董寨和陕西佛坪对白冠长尾雉分别

进行了无线电遥测。发现不同季节间白冠长尾雉活动区比较稳定。混交林是白冠长尾雉选择的一种生境类型。雄鸟各季节所选择的栖息地有明显差异,而雌鸟的巢址有两种类型,一种是缺少乔木但灌木或草丛密集的地点;另一种位于缺乏灌木和草丛的阔叶林中,巢上方2-5 m处有树冠遮盖。逐步判别分析结果表明,影响白冠长尾雉家族群栖息地选择的关键因子有与林缘的距离、乔木胸径、灌木盖度、草本植物种类和高度(孙全辉等,2003;徐基良等,2005)。

#### 4 人类活动

地球上已经不存在未受人类影响的自然生态系统,人类已经成为生物进化中的一个重要选择力。能否适应人类的存在成为一些物种能否生存的关键问题。野生动物,特别是一些大型野生动物,由于人类捕杀、栖息地丧失或者不能适应人类占优势地位的地球生态环境而灭绝(Caughley & Gunn, 1996)。

杨道德等(2005)分析了麋鹿等大型动物在湘江流域灭绝的原因,发现人类活动是主导因素。根据对洞庭湖流域30个自然保护区和森林公园野生动物资源的调查,已记录到21种国家重点保护哺乳动物,其中处于“极危”、“濒危”、“易危”等级的分别有5、6、10种,表明长江流域物种濒危的过程仍在继续。然而,许多野生动植物在进化中对人类社会产生了适应,同时还出现了许多伴人动物和伴人植物。我们在龙溪-虹口自然保护区观察到了大熊猫在自然保护区边缘的人类聚居区活动的现象(Yu *et al.*, 2003)。

朱鹮是一种曾经被认为已经灭绝的鸟类。20世纪80年代初在陕西洋县被重新发现。李欣海等(Li *et al.*, 2002)分析了朱鹮的生境选择与人类的关系。他们调查了7个朱鹮夜宿地,发现它们与最近农户的距离显著小于对照样方与农户的距离。朱鹮在繁殖期后才到远离夜宿地的湿地觅食。朱鹮觅食的稻田和河边与农户的距离均显著小于对照样方与农户的距离。从1981年朱鹮被重新发现到2001年的21年中,朱鹮总是把巢建在村庄附近。说明朱鹮对当地农民有明显的依赖。研究野生动植物在人类社会中的演化、重新认识人类对野生动植物的生存与演化的关系将是未来进化生

物学与保护生物学的重要课题(蒋志刚,2004)。

#### 5 过度利用及控制对策

我国物种受威胁的格局尚无系统研究。美国Wilcove等(1998)、Williams等(1989)和Flathers等(1998)分别从生物类群和生物地理学的角度研究了美国物种的受威胁格局,得出相同的结论:栖息地破坏是美国生物多样性的最大威胁,其他威胁依次为外来种、污染、过度利用和疾病。Li和Wilcove(2005)研究了中国脊椎动物的受威胁格局,比较了与美国类似研究的差异。发现过度利用是中国脊椎动物面临的巨大威胁,威胁到78%的红皮书物种,其次为栖息地破坏(70%)、污染(20%)、外来种(3%)和疾病(小于1%)。食物和传统医药利用是过度利用的主要方式,而森林采伐是栖息地破坏的主要形式。这与美国截然不同,就美国而言,栖息地破坏影响到92%的受威胁脊椎动物,其次为外来种(47%)、污染(46%)、过度利用(27%)和疾病(11%)(Li & Wilcove, 2005)。过度利用和森林采伐对中国脊椎动物的威胁明显高于美国,而农业对美国脊椎动物的威胁明显高于中国。中国脊椎动物的过度利用比例高,主要原因是中国较大的农村贫困人口和广泛的野生动物贸易。不同国家间不存在统一的生物多样性受威胁格局,各国必须根据本国特点来制定保护对策,而不能照搬其他国家的模式。李义明等(2003)还利用没收大熊猫皮张数据和野外捕获大熊猫繁殖数据,模拟了非法捕杀和野外捕获对大熊猫种群增长的影响。

野生动物贸易是一个被忽视的课题。根据物种受到国际贸易威胁的程度不同,分别列入濒危野生动植物种国际贸易公约(Convention on International Trade of Endangered Species of Wild Fauna and Flora, 简称CITES)附录I和附录II,并制定了相应的进出口核准程序。CITES附录I包括所有受到和可能受到国际贸易影响而有灭绝危险的物种;列入附录II的物种是那些除非该物种的贸易受到严格控制,否则该物种的生存将会受到威胁。在我国,哺乳动物受到国际贸易的冲击最大,列入CITES公约附录I的物种中的哺乳动物占近一半,而列入CITES公约附录II的物种主要是植物(表1)。

周志华和蒋志刚(2005)从生物、社会、经济和文化多个角度分析了野生动植物贸易活动的特点,指出与一般贸易相比,野生动植物贸易活动具有传统性、地域性、流动的方向性、季节性、分散性、替代效应和补充性等特征;而影响一个物种进入贸易活动的生物因子包括种群大小、易获得性、个体大小、周期性波动、耐受性和可替代性等,社会因子包括政策、执法、社会心理、收入水平和猎捕技术等,文化传统也影响人们利用和贸易野生动植物的方式与范围。

长江中下游的湿地是蛇类和龟鳖类的主要栖息地。Zhou和Jiang(2004)采用贸易资料统计与生物学、社会经济学因子评估相结合的方法,完成了中国的蛇类和龟鳖类的国际贸易案例分析。发现总体上中国蛇类出口不断减少而蛇类进口大幅增加。野生龟鳖资源面临着栖息地退缩和恶化、过度贸易的严重威胁,Zhou和Jiang(2006,待发表)回顾了近年来中国龟鳖类资源及贸易情况,1998至2000年9月中国龟鳖类进口达到2000多万只,400多万公斤,其中来自野外的龟类数量和重量约占进口总数的6%到8%,主要来自美国和东南亚。剔除人工繁殖的龟鳖类后,龟鳖类的国际贸易同样出现了出口减少而进口增加的趋势。该研究还确认了多个大宗龟鳖类贸易种。

早期甄别濒危物种是保护生物多样性的重要任务,也是及时采取保护对策的基础。Zhou和Jiang(2004)通过贸易资料分析与变量评估相结合的方法,甄别了中国蛇类大宗进出口贸易中的濒危物种。他们使用多变量估值方法,对我国16个非保护的大宗贸易蛇类物种和3个已列入《濒危野生动植物种国际贸易公约》附录II的物种所面临的生物学和社会经济学风险进行了评估,确认了

其中的濒危物种和易危种,指出百花锦蛇(*Elaphe moellendorffi*)、尖吻蝮(*Deinagkistrodon acutus*)、黑眉锦蛇(*Elaphe taeniura*)和金环蛇(*Bungarus fasciatus*)等4个物种已经高度濒危;并通过主成分分析法,将这些物种归纳为不同的风险类型。据此提出应当将百花锦蛇、尖吻蝮、黑眉锦蛇和金环蛇列入《濒危野生动植物种国际贸易公约》附录II。这些研究对我国野生动植物国际贸易的管理与控制产生了积极的影响。

## 6 濒危种群恢复和重归自然

为了探讨濒危种群恢复的途径,我们尝试了人工繁育濒危物种、种群复壮以及人工繁育个体回归自然等途径。中国1985年重新引入麋鹿,已形成北京南苑、湖北石首天鹅洲和江苏大丰3个较大的麋鹿种群(Jiang *et al.*, 2000)。但3个种群都存在着一些不利因素,限制了麋鹿种群的发展,亟需易地保护,同时,让人工繁殖麋鹿回归自然是麋鹿保护的当务之急(蒋志刚等, 2001b)。1998年以来,蒋志刚研究组在江苏大丰麋鹿国家级自然保护区参与了麋鹿野放实验,这是世界上首次麋鹿野放、回归自然的实验(Hu & Jiang, 2002)。2000–2001年,他们又考察了湖北石首天鹅洲、北京麋鹿苑和江苏大丰的麋鹿种群,踏勘了洞庭湖区,最后确定了洞庭湖为重引入麋鹿的适宜地点(杨道德等, 2002)。

按照Biodiversitas 2010 的目标,我们必须在2010年前后从根本上扭转生物多样性的濒危局面。中国的濒危物种怎样转危为安?1989年,《中华人民共和国野生动物保护法》颁布,标志中国的濒危物种保护走上法制轨道。自然保护区是保护濒危物种种群及其栖息地的最佳形式。我国从

表1 中国不同生物类群中CITES附录物种的分布情况

Table 1 Distribution pattern of Chinese CITES Appendix species among different taxa

类别 Taxa	附录 I Appendix I	附录 II Appendix II	附录 III Appendix III	总计 Total
哺乳类 Mammals	45	75	14	134
鸟类 Birds	33	111	12	156
爬行类 Reptiles	6	9	18	33
两栖类 Amphibians	1	1		2
鱼类 Fishes	1	14		15
无脊椎动物 Invertebrates	0	343		343
植物 Plants	19	1293	4	1316
总计 Total	105	1846	48	1999

1956年开始建设自然保护区, 其间经过了一个较长的停滞时期之后, 到2002年底, 中国建立了1551个自然保护区, 面积达1 414 866 km<sup>2</sup>, 占国土面积的14.7%(蒋志刚, 2005), 这一比例超过世界先进水平。目前中国自然保护区的数量仍在增长, 2004年底, 自然保护区达1999个。由于目前中国的自然保护区是严格意义的保护区, 于是, 蒋志刚(2005)提出应区分严格保护的自然保护区与广义的自然保护地, 发展一个由不同保护目的、不同保护程度、合理布局的自然保护区组成的综合自然保护区体系, 并结合经济发展水平建设自然保护区的思想。结合现阶段自然保护区的基本建设投入与管护费用, 探讨了建设和管理2002年末中国自然保护区的资金需求。还建议研究中国自然保护区中人口、中国国土面积及分类和中国各种类型土地的适宜保护面积, 探讨了“在中国多大的国土面积可以建设为自然保护区?”这一命题, 从保存生物物种、生物资源、主要生态系统、可持续利用等方面研究了自然保护地的面积上限。

一级保护植物银杉是裸子植物的代表, 尽管曾广布于欧亚大陆, 但目前仅间断分布在中国亚热带几个十分局限的地区, 种群水平的遗传多样性很低而种群间遗传分化很大, 因此在了解其种群遗传结构的基础上进行科学的人工授粉是进行遗传复壮的可行途径之一(Ge *et al.*, 1998)。同样, 充分了解银杉的生理生态也有助于该物种的生态恢复。张旺锋等(2005)在对银杉群落多年调查分析的基础上, 针对银杉幼树生长过程对光强的需求特性, 开展了银杉幼树光适应性的研究。他们利用气体交换技术和叶绿素荧光技术测定了3种光强下银杉叶片光合生理指标的变化, 探讨不同光环境下银杉幼树光合能力在夏季和冬季的动态变化及其对生长光强的适应性等。结果表明, 银杉具有典型阳生植物的特点, 无论在遮荫或不遮荫条件下, 冬季叶片将所吸收的相对过多光能通过非辐射途径耗散出去, 表现出一种光保护策略, 因此对于人工栽培的银杉幼树无论是在冬季还是夏季都以不遮荫为好。这一结果对其保护措施的制定和种群恢复具有一定的实际意义。为了快速培育银杉人工菌根苗, 谢宗强研究组通过组织培养法诱导产生银杉无菌小苗, 进行培养基和外生

菌根菌的筛选, 并对传统的用于菌根合成的 paper-sandwich 方法进行改良, 找到同时适合银杉幼苗与外生菌根菌生长的培养条件, 成功地建立起银杉快速人工菌根苗的诱导法, 获得专利一项(专利号: 200310103892.x), 为拯救银杉种群探索了新的方法。

本期《生物多样性》收集了本研究组的部分研究论文, 更多的论文和著作已经正式发表。长江流域横跨中国, 长江流域的濒危物种是中国濒危物种的一个缩影。通过近5年的研究, 我们深刻地认识到, 我们应当加强中国濒危物种的濒危机制与保护实践的研究。濒危物种具有鲜明的地域特色, 只有了解中国的自然生态环境和社会经济特点, 探讨濒危物种保护对策, 才能拯救中国的濒危物种。此外, 由于中国特有物种多, 中国生物学家有可能在特有濒危物种研究方面为保护生物学理论作出贡献。目前, 中国正处于经济高速增长期, 地方经济的发展应与科学研究相联系, 与生物多样性保护相联系。强调影响经济决策的方法, 走可持续经济之路。

在濒危物种的保护实践中, 我们应当: (1)重视生态系统的保护, 避免不切实际甚至夸张地对某一物种采取不恰当的保护措施; (2)对于那些栖息地(生境)需求面积小的物种, 没必要建立面积太大的自然保护区, 可以探讨多种保护形式, 考虑建立多个小的自然保护点; (3)通过对种群之间的迁移模式的研究, 通过种群遗传多样性的分析, 指导自然保护区廊道的建设方案; (4)建议及时更新自然保护区管理条例, 对自然保护区采取相应的立法, 避免类似保护区各功能区必须按比例划分的教条主义。

#### 参考文献

- Ballie JEM, Hilton-Taylor C, Stuart SN (2004) *2004 IUCN Red List of Threatened Species: A Global Species Assessment*. IUCN. Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
- Cao KQ (曹克清), Qiu LQ (邱莲卿), Chen B (陈彬), Miao BM (缪柏茂) (1990) *Chinese Père David's Deer (Elaphurus davidianus)* (中国麋鹿), pp. 1-188. Xuelin Press, Shanghai. (in Chinese)
- Caughley G, Gunn A (1996) *Conservation Biology in Theory and Practice*. Blackwell Sciences, Oxford.
- Chang J, Ge Y, Lu YJ, Fan MY, Yin XW (2002) A comparison of photosynthesis in endangered and

- non-endangered plants *Changium smyrnioides* and *Anthriscus sylvestris*. *Photosynthetica*, **40**, 445–447.
- Chang J(常杰), Guan BH(关保华), Ge Y(葛滢), Fu CX(傅承新), Chan GYS(陈玉成) (2004) Comparative studies on the ecological strategies of an endangered species *Changium smyrnioides* and a non-endangered species *Anthriscus sylvestris*. *Acta Ecologica Sinica*(生态学报), **24**, 9–13. (in Chinese with English abstract)
- Chen JM(陈进明), Wang JY(王晶苑), Liu X(刘星), Zhang YW(张彦文), Wang QF(王青锋)(2004) RAPD analysis for genetic diversity of *Isoetes sinensis*. *Biodiversity Science* (生物多样性), **12**, 348–353. (in Chinese with English abstract)
- Chen JM(陈进明), Wang QF(王青锋)(2005) Genetic diversity and structure in a natural *Caldesia grandis* population. *Biodiversity Science* (生物多样性), **13**, 398–406. (in Chinese with English abstract)
- Ding P(丁平), Yang YW(杨月伟), Li Z(李智), Jiang SR(姜仕仁), Zhuge Y(诸葛阳) (2001) Vegetation characteristics of habitats used by Elliot's pheasant. *Journal of Zhejiang University* (Science Edition) (浙江大学学报(理学版)), **28**, 557–562. (in Chinese with English abstract)
- Ding P(丁平), Li Z(李智), Jiang SR(姜仕仁), Zhuge Y(诸葛阳) (2002) Study on the factors affecting patch use degree by Elliot's pheasant. *Journal of Zhejiang University*(Science Edition) (浙江大学学报(理学版)), **29**, 103–108. (in Chinese with English abstract)
- Flather CH, Knowles MS, Kendall IA (1998) Threatened and endangered species geography. *BioScience*, **48**, 365–376.
- Ge Y, Chang J, Fu C-X, Chan GYS(2003) Effect of soil water status on the physioecological traits and the ecological replacement of two endangered species, *Changium smyrnioides* and *Chuanminshen violaceum*. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*, **44**, 291–296.
- Ge S, Hong DY, Wang HQ, Liu ZY, Zhang CM (1998) Population genetic structure and conservation of an endangered conifer, *Cathaya argyrophylla* (Pinaceae). *International Journal of Plant Sciences*, **159**, 351–357.
- Hu HJ, Jiang ZG (2002) Experimental release of Père David's deer in Dafeng Reserve, China. *Oryx*, **36**, 196–199.
- Jiang ZG(蒋志刚) (2004) *Animal Behavioral Principles and Species Conservation Methods*(动物行为原理与物种保护方法). Science Press, Beijing. (in Chinese)
- Jiang ZG(蒋志刚) (2005) On the upper limit of strictly protected nature reserves in China. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), **25**, 1205–1212. (in Chinese with English abstract)
- Jiang ZG(蒋志刚), Fan EY(樊恩源) (2003) Exploring the endangered species criteria: rethinking the IUCN Red List Criteria. *Biodiversity Science* (生物多样性), **11**, 383–392. (in Chinese with English abstract)
- Jiang ZG(蒋志刚), Li CW(李春旺), Peng JJ(彭建军), Hu HJ(胡慧建) (2001a) Structure, elasticity and diversity of animal behavior. *Biodiversity Science* (生物多样性), **9**, 265–274. (in Chinese with English abstract)
- Jiang ZG(蒋志刚), Zhang LY(张林源), Yang RS(杨戎生), Xia JS(夏经世), Rao CG(饶成刚), Ding YH(丁玉华), Shen H(沈华), Xu AH(徐安红), Yu CQ(于长青)(2001b) Population density constraint and population development strategy in Père David's deer in China. *Acta Zoologica Sinica* (动物学报), **47**, 41–48. (in Chinese with English abstract)
- Jiang ZG, Feng ZJ, Yu CQ, Zhang LY, Xia JS, Ding YH, Lindsay N (2000) Reintroduction and recovery of Père David's deer in China. *Wildlife Society Bulletin*, **28**, 681–687.
- Jiang ZG, Li CW, Zeng Y, Widemo F(2004) “Harem defending” or “challenging”: alternative individual mating tactics in Père David's deer under different time constraint. *Acta Zoologica Sinica*(动物学报), **50**, 706–713.
- Li A, Luo YB, Xiong ZT, Ge S(2002) A preliminary study on conservation genetics of three endangered orchid species. *Acta Botanica Sinica*(植物学报), **44**, 250–252.
- Li A(李昂), Ge S(葛颂) (2002) Advances in plant conservation genetics. *Biodiversity Science* (生物多样性), **10**, 61–71. (in Chinese with English abstract)
- Li A(李昂), Luo YB(罗毅波), Ge S(葛颂)(2002) Spatial autocorrelation study of population genetic structure of two orchid species. *Biodiversity Science* (生物多样性), **10**, 249–257. (in Chinese with English abstract)
- Li CW(李春旺), Jiang ZG(蒋志刚), Zeng Y(曾岩), You ZQ(游章强) (2005) Rutting tactics in Père David's deer stags under different population densities and during different rut periods. *Biodiversity Science* (生物多样性), **13**, 424–431. (in Chinese with English abstract)
- Li CW, Jiang ZG, Zeng Y, Yan CE (2004) Relationship between serum testosterone, dominance and mating success in Père David's deer stags. *Ethology*, **110**, 1–11.
- Li CW, Jiang ZG, Jiang G, Fang JM (2001) Seasonal changes of reproductive behavior and fecal steroid concentrations in Père David's deer. *Hormones and Behavior*, **40**, 518–525.
- Li XH, Li DM, Li YM (2002) Habitat evaluation for Crested IBIS: A GIS-based approach. *Ecological Research*, **17**, 565–573.
- Li YM(李义明), Liao MY(廖明尧), Yu J(喻杰), Yang JY(杨敬元) (2005) 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. *Biodiversity Science* (生物多样性), **13**, 432–438. (in Chinese with English abstract)
- Li YM, Guo ZW, Yang QS, Wang YS, Niemela J (2003) Implications of poaching for giant panda conservation. *Biological Conservation*, **111**, 125–136.
- Li YM, Wilcove DS (2005) Threats to vertebrate species in China and the United States. *BioScience*, **55**, 148–153.
- Liu GQ(刘国琪), Wang H(王昊), Yin YF(尹玉峰) (2005) Giant panda's scent marks and scent mark trees in Wanglang National Nature Reserve, Sichuan. *Biodiversity Science* (生物多样性), **13**, 445–450. (in Chinese with English abstract)
- Liu X, Gituru WR, Wang QF(2004) Distribution of basic diploid and polyploid species of *Isoetes* in East Asia. *Journal of Biogeography*, **31**, 1239–1250.
- Lu XL (卢学理), Jiang ZG (蒋志刚), Tang JR (唐继荣), Wang XJ (王学杰), Xiang DQ (向定乾), Zhang JP (张建平) (2005) Auto-trigger camera traps for studying giant panda and its sympatric wildlife species. *Acta Zoologica Sinica* (动物学报), **51**, 495–500. (in Chinese with English abstract)
- Sun HQ(孙海芹), Li A (李昂), Ban W(班玮), Zheng XM(郑晓明), Ge S (葛颂)(2005) Morphological variation and its adaptive significance for *Changnienia amoena*, an endangered orchid. *Biodiversity Science* (生物多样性), **13**, 376–386. (in Chinese with English abstract)
- Sun HQ, Luo YB, Alexandersson R, Ge S (2005) Pollination and pollen flow of the endangered orchid, *Changnienia amoena* (Orchidaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society*, **149**, (in press)
- Sun QH (孙全辉), Zhang ZW (张正旺), Zheng GM (郑光美), Zhang KY(张可银), Ruan XF (阮祥峰), Zhu JG(朱家贵) (2003) Ranging behaviour of territorial male Reeves's pheasants in the breeding season. *Acta Zoologica Sinica* (动物学报), **49**, 318–324. (in Chinese with English abstract)
- Wang ZS(王忠锁), Fu CC(傅萃长), Lei GC(雷光春) (2002) Biodiversity of Chinese icefishes (Salangidae) and their conserving strategies. *Biodiversity Science* (生物多样性), **10**, 416–424. (in Chinese with English abstract)
- Wang ZS(王忠锁), Lu C(吕偲), Xu CR(许崇任), Lei GC(雷光春) (2005) Impact of river-lake isolation on the spatial distribution pattern of *Hemisalanx brachyrostralis*. *Biodiversity Science* (生物多样性), **13**, 407–415. (in Chinese with English abstract)
- Wilcove DS, Rothstein D, Dubow J, Phillips A, Losos E(1998) Quantifying threats to imperiled species in the United States. *BioScience*, **48**, 607–615.
- Williams JE, Johnson JE, Hendrickson DA, Contreras Balderas S, Williams JD, Navarro-Mendoza M, McAllister DE, Deacon JW (1989) Fishes of North America endangered, threatened, or of special concern: 1989. *Fisheries*, **14** (6), 2–20.
- Xu JL(徐基良), Zhang XH(张晓辉), Zhang ZW(张正旺), Zheng GM(郑光美), Ruan XF(阮祥峰), Zhang KY(张可银) (2005) Home range and habitat use of male Reeves's pheasant (*Syrnaticus reevesii*) in winter in Dongzhai National Nature Reserve, Henan Province. *Biodiversity Science* (生物多样性), **13**, 416–423. (in Chinese with English abstract)
- Yang DD (杨道德), Jiang ZG (蒋志刚), Cao TR (曹铁如), Wen SZ (文仕知), Zhao KJ(赵克金), Gui XJ(桂小杰), Xu YX(徐永新) (2002) Feasibility of reintroducing Père David's deer *Elaphurus davidianus* to the Dongting Lake region, Hunan Province. *Biodiversity Science* (生物多样性), **10**, 369–375. (in Chinese with English abstract)
- Yang DD (杨道德), Jiang ZG (蒋志刚), Ma JZ (马建章), Hu HJ(胡慧建), Li PF(李鹏飞) (2005) Causes of endangerment or extinction of some mammals and its relevance to the reintroduction of Père David's deer in the Dongting Lake drainage area. *Biodiversity Science* (生物多样性), **13**, 451–461. (in Chinese with English abstract)
- Yin YF(尹玉峰), Wang H(王昊), Chen A(陈艾), Liu GQ(刘国琪) (2005) Accuracy assessment of the Bamboo Stem Fragment distinguishing method used in panda population surveys. *Biodiversity Science* (生物多样性), **13**, 439–444. (in Chinese with English abstract)
- Yu GZ, Jiang ZG, Zhao ZL, Wang B, Wang Y(2003) Giant panda feeding: why do they prefer bamboo patch edges? *Journal of Zoology* (London), **261**, 307–312.
- Zhang WF (张旺锋), Fan DY (樊大勇), Xie ZQ (谢宗强), Jiang XH (蒋晓晖) (2005) The seasonal photosynthetic responses of seedlings of the endangered plant *Cathaya argyrophylla* to different growth light environments. *Biodiversity Science* (生物多样性), **13**, 387–397. (in Chinese with English abstract)
- Zhou ZH (周志华), Jiang ZG (蒋志刚) (2005) Features and impacting factors on trade of wildlife. *Biodiversity Science* (生物多样性), **13**, 462–471. (in Chinese with English abstract)
- Zhou ZH, Jiang ZG (2004) International trade status and crisis of snake species in China. *Conservation Biology*, **18**, 1384–1396.
- Zhou ZH, Jiang ZG (2006) Identifying snake species threatened by economic exploitation and international trade in China. *Biodiversity and Conservation*. (accepted)

(责任编辑: 周玉荣)