

中国裸子植物物种濒危和保育现状

杨永^{1*} 刘冰^{1,2} Dennis M. Njenga^{2,3,1}

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

2 (中国科学院武汉植物园中-非联合研究中心, 武汉 430074)

3 (中国科学院大学, 北京 100049)

摘要: 参考IUCN Red List Categories and Criteria, Version 3.1的等级和标准, 我们于2010年3月至2012年12月对251种(含种下分类群)国产裸子植物的濒危状况进行了评估, 并依据最新的研究动态, 对结果做了少量修订。结果显示极危37种, 濒危35种, 易危76种, 无危87种, 数据缺乏16种; 受威胁种类占评估裸子植物总数的59%。生境退化、分布面积过小和过度利用是主要的致危因子。结合实际保护案例, 我们提出裸子植物濒危物种保育应有针对性措施, 过度保护会进一步导致它们的濒危。

关键词: 红色名录; 评估; 受威胁物种; 致危因子

Red list assessment and conservation status of gymnosperms from China

Yong Yang^{1*}, Bing Liu^{1,2}, Dennis M. Njenga^{2,3,1}

1 State Key Laboratory of Systematic and Evolutionary Botany, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093

2 Sino-Africa Joint Research Centre, Wuhan Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430074

3 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049

Abstract: Based on the IUCN Red List Categories and Criteria (Version 3.1), we assessed native gymnosperm species and infraspecific taxa found in China between March of 2010 and December of 2012. Results indicated that 37 species were critically endangered (CR), 35 species were endangered (EN), 76 species were vulnerable (VU), 87 species were of least concern (LC), and 16 species were data deficient (DD). Up to 59% of the 251 native species of gymnosperms found in China were classified as threatened. Threatening factors impacting gymnosperm species in China were ascribed into seven categories, among which habitat degradation, restricted distribution, and over exploitation were listed as the top three threats. According to results of red list assessments and conservation practices of gymnosperms in China, we propose that conservation of endangered gymnosperm species should have a targeted program. Otherwise, over-protection could result in additional threats to endangered species.

Key words: red list; assessment; threatened species; threatening factors

裸子植物是高等植物中由孢子生殖向种子生殖转化的关键类群, 起源于古生代泥盆纪(约3.85亿年前), 繁盛于中生代, 在第三纪以来由于环境变化和被子植物的竞争而逐渐灭绝(Gerrienne et al, 2004; Crisp & Cook, 2011; Wang & Ran, 2014), 现存4亚纲8目12科84属1,000余种(Christenhusz et al, 2011)。中国是裸子植物的主要分布区, 现存10科45属313种

(含种下分类群, 杨永, 2015), 其中有很多古老孑遗物种, 如银杏(*Ginkgo biloba*)、水杉(*Metasequoia glyptostroboides*)、水松(*Glyptostrobus pensilis*)、银杉(*Cathaya argyrophylla*)、金钱松(*Pseudolarix amabilis*)等。

由于人口快速增长和经济发展, 全球气候变化、环境污染、过度利用、外来种入侵、生境破坏

收稿日期: 2017-05-15; 接受日期: 2017-07-09

基金项目: 国家自然科学基金(31270238, 31470301)

* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: ephedra@ibcas.ac.cn

等成为威胁物种生存的主要因素(Millennium Ecosystem Assessment, 2005; Maxwell et al, 2016)。按照IUCN红色名录的最新统计(http://www.iucnredlist.org/about/summary-statistics#Tables_1_2), 裸子植物物种的生存受到严重威胁, 如苏铁类中有63–64%的物种, 松柏类中有34–35%的物种受到威胁。及时掌握中国裸子植物的濒危现状对物种保育有重要意义, 这就要求学者定期对其濒危状况进行评估。在《中国物种红色名录》第一卷中傅立国报道了中国226种裸子植物的濒危状况(汪松和解焱, 2004)。此后, 我国裸子植物分类学研究有了新进展(杨永, 2015), 如: 红豆杉属(*Taxus*)的重新分类(Liu et al, 2011; Poudel et al, 2012; Möller et al, 2013)和陈氏苏铁(*Cycas chenii*)的发现(Zhou et al, 2015)等。另外, 新的研究、调查、报道不断提供裸子植物物种的生存数据, 如: 仙湖苏铁(*Cycas fairylakea*)、银杉、金柏(*Xanthocyparis vietnamensis*)等(汪殿蓓等, 2003; 熊智平等, 2006^①; 蒙涛等, 2013), 这些新进展使得重新开展中国裸子植物红色名录评估成为必要。本文报道了2010年3月至2012年12月期间开展的中国裸子植物评估结果, 并结合野外调查, 指出我国濒危物种保育的一些问题和改进措施。

1 数据来源和评估方法

初评的316种(含70变种和3变型)裸子植物数据分别由杨永(246项)、孙卫邦(39项: 松属(*Pinus*) 36种和黄杉属(*Pseudotsuga*) 3种)、陈家瑞(23项: 苏铁属(*Cycas*))、高连明(8项: 穗花杉属(*Amentotaxus*) 3种, 三尖杉属(*Cephalotaxus*) 5种)等提供。初评结果发现251种为本土物种, 60种为外来物种, 2种已处理为异名, 3种为分类学地位未确定种, 故仅对251种裸子植物进一步评估。物种数据来自文献、专家观察、标本、网络、新闻报道、植物园数据等。专家评审意见主要依据专家自己的研究和野外调查经验。评估数据用中国科学院植物研究所赵丽娜编辑的TDIS软件收集。

评估等级和标准参考IUCN Red List Categories and Criteria, Version 3.1, 等级包括灭绝(EX)、野外灭绝(EW)、极危(CR)、濒危(EN)、易危(VU)、近危

(NT)、无危(LC)、数据缺乏(DD)和未评估(NE)。此外, 不适用(NA)包含了外来种和分类地位不确定的种类。受威胁种类指列入极危、濒危和易危3类的物种。为了准确掌握红色名录评估方法, 我们参加了IUCN红色名录评估组在北京举办的评估培训班, 并于2010年12月作为裸子植物专家组成员参加了在深圳召开的东亚裸子植物红色名录评估会议。该评估组由英国松柏类裸子植物专家Aljos Farjon领导和组织, 成员来自英国、澳大利亚、日本和中国。通过这次会议, 笔者进一步理解和掌握了红色名录评估的等级、标准以及评估方法, 而且补充了裸子植物物种数据, 校准了前期的评估。

评估的步骤为: (1)初步全评。邀请专家对316种裸子植物的分类地位、分布及动态、种群数量及动态、受威胁因素等进行全面的评估。(2)专家审核和建议。召开专家小组评审会, 邀请小组专家对初评结果进行检验和评估, 指出初评存在的问题, 包括分类学和物种生存数据方面的问题, 并筛选出本土种类重点评估。(3)根据专家意见重点评估。依据专家意见, 对本土种类进行评估, 给出红色名录的等级和标准。期间, 我们除了接受国内专家小组的意见和建议之外, 还参加了在深圳举办的国际裸子植物红色名录评估会议, 获得更多补充数据。(4)专家再审。再次组织专家小组对评估结果进行检验、分析和评判。(5)确定评估结果。依据专家的意见, 对评估结果进行调整, 形成最终评估结果。

2 结果和讨论

2.1 评估结果

本次评估最终确定中国裸子植物极危37种, 濒危35种, 易危76种, 无危87种, 数据缺乏16种; 其中, 受威胁物种为148种, 占评估种类总数(251种)的59%。

水松的濒危等级有新调整, 初评结果以及裸子植物国际评估组均认为此种应列入地区野外灭绝。但依据陈雨晴等(2016), 水松列为极危更为恰当。康定云杉(*Picea montigena*)在评估时有调整, 初评时根据网络数据, 野外已经灭绝, 深圳国际红色名录评估时国际同行指出该种在哈佛大学阿诺德树木园还有栽种, 因此, 列入野外灭绝; 2012年, 红色名录评估小组专家再评时, 中国科学院成都生物研究所高信芬教授指出贡嘎山国家级自然保护区周华

① 熊智平, 但新球, 周根苗, 罗仲春, 刘小宁 (2006) 湖南舜皇山自然保护区银杉考察报告. 见: 湖南舜皇山自然保护区综合科学考察报告集(国家林业局中南林业调查规划设计院编), 115–121页。

明局长在贡嘎山西坡九龙县和雅江县发现了康定云杉植株,因此,我们在最后结果中将该种列入极危。此外,本次评估之后陆续发表了陈氏苏铁、灰岩红豆杉(*Taxus calcicola*)等裸子植物新种。

汪松和解焱(2004)评估了226种国产裸子植物,其中极危33种、濒危41种、易危84种、近危48种、无危18种、数据缺乏2种,受威胁种类占总评估种类的69.9%。本次评估结果与汪松和解焱(2004)评估结果的比较见图1,二者的主要区别在于:(1)本次评估结果中无近危(NT)类群;(2)本次评估的无危种类显著多于汪松和解焱(2004)的无危种数;(3)我们重点评估的251种中,受威胁种类占59%,比例较汪松和解焱(2004)评估结果的69.9%低。

2.2 濒危原因分析

根据本次评估收集到的数据,我们对148个受威胁物种的致危因子进行了分析,发现主要有7大类因素导致了裸子植物物种濒危。(1)生境退化。发展耕地、种植经济林、建立水电站、开发矿产资源等导致的生境退化影响最大,因此而致危的物种多达82种。一些濒危物种由于人工绿化、生境改变而导致分布区缩小,如斑子麻黄(*Ephedra rhytidoperma*)。(2)分布面积过小。由此导致濒危的有73种,主要是一些地方特有种,常常与资源过度利用、成熟植株数量过少、繁育限制等因素有关,如朝鲜崖柏(*Thuja koraiensis*)。(3)过度利用。因此致危的有48种,主要是经济利用价值大的物种,如优质木材、药材、园林、种子采集等。其中苏铁科植物由于观赏价值

高而备受关注,麻黄科、红豆杉科植物由于提炼紫杉醇而致危,松科木材材质优良,盗砍盗伐严重,红松(*Pinus koraiensis*)的种子被过度采摘而影响种群的自然更新,并且会导致生态系统中的种子散播者松鼠(*Sciurus vulgaris*)难以过冬,进一步影响红松种子散播。(4)种群数量小、个体数少。这样的物种有19种,典型的如百山祖冷杉(*Abies beshanzuensis*)。(5)气候变暖。受到影响的物种有7种,如冷杉属(*Abies*)植物生长在山顶或近山顶,随着气候变暖,它们向山顶迁移,并最终消失(Rabasa et al, 2013)。(6)繁育问题。有5种,如四川苏铁(*Cycas szechuanensis*)仅有雌株,单性难以维持其种群自然更新;朝鲜崖柏在野外很难见到结实。(7)病虫害。受到影响的物种有2种,即仙湖苏铁和台东苏铁(*C. taitungensis*)。

各类因子通常不是单独作用,而是与其他因素交织在一起,如巨柏(*Cupressus gigantea*)受到修路和传统资源利用的双重影响而导致种群数量减少;百山祖冷杉仅存3株,种群本来就难以自然更新,再加上气候变暖的影响,正濒临灭绝。此外,还有其他可能的致危因子,如自然植被演替等,但是我们本次评估过程中没有收集到这方面的数据;外来入侵种被认为是威胁本土物种生存的重要因素(Bellard et al, 2016),根据我们的调查,紫茎泽兰(*Ageratina adenophora*)在四川攀枝花苏铁国家级自然保护区内疯狂扩张,入侵形成的高密度种群明显限制了攀枝花苏铁(*Cycas panzhihuaensis*)的幼苗发育。但是,由于缺少针对性研究,目前我们还没有办法评估外来种对某个具体裸子植物物种的危害到底有多大。

2.3 保育现状和存在的问题

结合红色名录评估和野外调查,我们发现裸子植物濒危的一个重要现象可能是由于竞争力不够,在被子植物占优势的群落中处于相对较弱的种群竞争态势,从而导致部分物种在自然演替过程中逐渐濒危。下面以案例方式介绍这些问题,并提出了增加适度干扰、加强人工抚育的新保育策略。

2.3.1 攀枝花苏铁

攀枝花苏铁隶属于苏铁科,为我国特有种,分布于金沙江干热河谷及其支流。何永华和李朝奎(1999)调查时发现该种仅剩5个居群,即云南的华坪温泉、禄劝北屏和大松树以及四川的宁南松林和攀

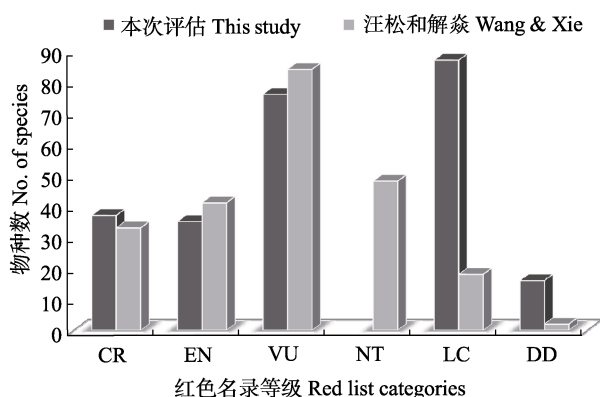


图1 两次红色名录评估结果的比较。CR: 极危; EN: 濒危; VU: 易危; NT: 近危; LC: 无危; DD: 数据缺乏。

Fig. 1 A comparison of the two red list results of Chinese gymnosperms. CR, Critically Endangered; EN, Endangered; VU, Vulnerable; NT, Near Threatened; LC, Least Concern; DD, Data Deficient.

攀枝花西区。由于人为过度采挖, 该种现主要存活于四川攀枝花苏铁国家级自然保护区内, 在云南的普渡河一带也有零星分布。

管中天等(1996)的研究发现, 攀枝花苏铁是群落长期受频繁的火灾影响形成的“偏途顶级”群落的优势种。但是, 保护区自1983年建立以来, 尤其是升级为国家级保护区以来, 消除了天然火和人为活动的干扰, 自然群落更新发育和外来植物的入侵使其生长受到了新的威胁。

根据我们2010年以来连续3年的调查, 缺少干扰的条件下, 新的威胁主要体现在: (1)自然植被的演替使得铁橡栎(*Quercus cocciferoides*)等硬叶阔叶树种逐渐取代攀枝花苏铁成为群落的共优种或优势种, 朝着常绿阔叶林的方向演替; (2)薯蓣属(*Dioscorea* spp.)等攀援植物十分繁盛, 影响攀枝花苏铁的生长; (3)外来植物紫茎泽兰的快速入侵占据了攀枝花苏铁的生境, 形成郁闭度相对密集的林下灌丛或地被, 再加上其化感作用共同影响着苏铁种子的萌发(郑丽和冯玉龙, 2005); (4)曲纹紫灰蝶(*Chilades pandava*)、灰翅串珠环蝶(*Faunis aerepe*)和介壳虫(Coccoidea)等虫害也影响着攀枝花苏铁的生存; (5)攀枝花苏铁是强早生的喜光树种, 自然植被演替减少了攀枝花苏铁的光照条件, 薯蓣、多毛青藤(*Illigera cordata* var. *mollissima*)及一些禾本科植物等地面草本和草质藤本以及木本树种的枯枝落叶层影响了攀枝花苏铁种子的萌发。

攀枝花苏铁的野生群落、种群和保育的研究从1980年就已经开始, 有比较好的历史积累(周立江和管中天, 1985; 管中天和周林, 1995; 管中天等, 1996; 何永华和李朝奎, 1999)。管中天等(1996)就推断随着群落自然演替, 攀枝花苏铁将面临种间竞争的挑战。

结合攀枝花苏铁的历史调查数据和我们连续3年的实地观察, 我们认为最关键的致危因子是自然演替使得攀枝花苏铁在群落中处于劣势。解决攀枝花苏铁保育问题的方案有两个: (1)人工抚育。一方面人为干扰自然群落的演替进程, 择伐阔叶树种, 使得攀枝花苏铁重新成为群落的优势种; 另一方面, 在攀枝花苏铁植株周围清除缠绕攀援植物和地面枯枝落叶层, 使其自然更新不受影响, 但这种方案费时费力。(2)人工火烧干扰, 四川攀枝花苏铁国家级自然保护区管理局已经开展了火干扰实验, 利用

攀枝花苏铁耐火烧的特性, 通过火烧清除苏铁周围的其他植物, 使得攀枝花苏铁成为优势种, 这个方案已经局部连续开展两年, 烧过后的攀枝花苏铁生长良好。

2.3.2 仙湖苏铁

仙湖苏铁隶属苏铁科, 为我国广东特有植物。1999年11月中国科学院华南植物研究所和华南农业大学组成的联合调查组在深圳市南山区塘朗山发现野生仙湖苏铁种群, 数量不足2,000株, 其中深圳梅林水库分布700多株(汪殿蓓等, 2003)。王晓明等(2006)的研究发现梅林水库仙湖苏铁的遗传多样性较高, 对仙湖苏铁的保护十分重要。由于附近村民开荒种果, 植被遭到破坏, 塘朗山低海拔分布的仙湖苏铁已大批死亡, 幼苗更新严重不良, 只有2棵雌株能开花结实, 其他植株未见开花(汪殿蓓等, 2003)。虽然梅林水库是深圳市重要的饮用水源, 由于水库的保护而间接地减少了人为干扰对仙湖苏铁的影响, 但其生长状况仍然不容乐观。

我们认为, 同样是自然植被的演替发展对仙湖苏铁生长不利。仙湖苏铁群落终年常绿, 群落上层以假苹婆(*Sterculia lanceolata*)为优势种, 伴生有水同木(*Ficus fistulosa*)、黄牛木(*Cratogeomys cochinchinense*)和厚叶算盘子(*Glochidion hirsutum*)等树种(汪殿蓓等, 2003)。仙湖苏铁生境中常绿阔叶树种繁茂, 藤本植物发达, 如刺果藤(*Byttneria aspera*)、小叶买麻藤(*Gnetum parvifolium*)等; 林下地被茂密, 如箭杆风(*Alpinia jiangnanfeng*); 群落林冠郁闭度增大, 林内透光度降低, 这些因素限制了仙湖苏铁的生长发育, 导致其种群密度下降(简曙光等, 2005; 汪殿蓓等, 2009)。同时, 仙湖苏铁植株营养生长不良、抵抗力下降, 灰蝶科、介壳虫和盾蚧科病害严重(戴金水和付奇峰, 2010), 致使开花植株减少, 有性繁殖能力下降; 挖食箭杆风的野猪直接干扰仙湖苏铁的植株和幼苗的生存。

人工抚育对仙湖苏铁的效果相当显著。2009年6月, 深圳梧桐山风景区的王定跃博士与梅林水库的工作人员一起合作对仙湖苏铁进行了人工抚育, 开辟林窗、清理密集地被植物。抚育后仙湖苏铁呈较好的生长态势。2010年10月2日, 我们考察梅林水库仙湖苏铁群落时, 注意到仙湖苏铁生长旺盛, 羽叶发达, 并有20多棵幼苗生长。由于生长良好, 其抵抗病虫害的能力相应提高, 病虫害的影响也在减弱。

2.3.3 银杉

银杉隶属松科,为我国特有树种,零星残存于重庆、湖南、广西和贵州的亚热带山地。熊智平等^①的研究表明,湖南东安舜皇山自然保护区银杉自然更新不良,幼苗和幼树数量严重偏低,银杉虽然暂时占据群落上层,处于亚优势地位,但在演替过程中受到阔叶树种的冲击。银杉更新不良主要有两个方面的原因:(1)保护区的严格管理,使得林区没有火灾发生,枯枝落叶层过厚,银杉幼苗的根无法扎入土壤,因而无法成活(罗仲春和罗毅波,2008);(2)银杉的幼苗随着生长过程,对光的需求量逐渐增加,而阔叶树种的侵入使得林区郁闭度增大,无法满足银杉幼苗成长所需的光照条件。目前,舜皇山自然保护区银杉仅存58株。解决上面问题的措施有两个,一方面在郁闭度大的林分对银杉树种周围的阔叶树种进行疏伐,为银杉的天然更新创造光照条件^①,另一方面,对银杉进行人工抚育,在母树周围清理枯枝落叶层,使得幼苗的根可以扎入土壤,提高成活率,再适度辅以人工播种或人工移植,促进银杉群落的更新。不解决银杉种群的更新问题,银杉林将在自然演替中被常绿阔叶林和常绿落叶阔叶混交林所取代(罗仲春和罗毅波,2008)。

2.3.4 濒危物种保育需要个性化方案

物种濒危有外因,也有内因,外因是人类活动的干扰破坏,包括对资源掠夺式的采挖砍伐利用,如广西地不容(*Stephania kwangsiensis*)、地枫皮(*Illicium difengpi*)等,栖息地破坏,水土流失,环境污染,气候变化等,内因是濒危植物自身的生物学特性(种群数量太少、遗传多样性低或扩散受限制等),如:金丝李(*Garcinia paucinervis*)、香木莲(*Manglietia aromatica*)和四数木(*Tetrameles nudiflora*)等(傅德志等,1998)。在20世纪,物种保护需要解决的主要矛盾是人类活动对植物直接采挖和生境破坏的影响,在保护区发展近半个世纪以后,植物物种保护的矛盾已经逐渐转移到自然植被演替中物种在群落中的种间竞争方面。如果顺其自然,让植被自然演替,这些孑遗物种将在竞争中被淘汰。

红色名录评估发现保育问题,并为物种保育策略提供参考。从保育濒危植物的角度出发,应针对

具体的物种特性适当采取人为措施,以利于物种生长发育和繁殖。濒危物种保育需要在保护区的大环境下,通过研究濒危物种的特性,开展适度人工抚育措施,才能最终实现对濒危物种保护的目标。保护好大环境,为濒危植物创造了大的生存环境,而针对具体物种的特性适度改善其小生境,才能较好地保护这些物种的继续生存繁衍。保护措施要有针对性,也就是要形成保护物种的个性化方案。

3 展望

3.1 评估机制

中国是生物多样性大国,仅高等植物就超过3万种,如何获得准确的物种生存数据和评估结果是值得思考的问题。本次评估的一些经验和问题值得将来的评估借鉴和改进。一方面,评估组开展培训、实践,然后进行评估。虽然IUCN和红色名录很多人都耳熟能详,但是红色名录评估的标准和方法很多人没有能准确理解和掌握。本次评估工作通过参加培训班和评估会议,不仅掌握了国际团队评估的数据,而且在实践中深刻理解并掌握了红色名录评估的方法。另一方面,建立专家团队和评估组,在评估程序上,注重评估结果基于专家知识,并且要经过专家知识的检验。首先,分类学专家提供数据,评估组进行初步评估;其次,专家团队对评估结果进行审核和建议,评估组进行重点评估;再次,专家团队对重点评估结果审核和修改后,确定评估结果。

本次评估也存在一些问题。首先,实时更新的可靠的物种名录是红色名录评估的重要基础。但本次评估时,专家拿到的并非是中国生物物种名录的最新版本,因此降低了物种数据的收集效率。其次,红色名录评估应充分考虑和应用数字化标本数据。我国的标本数字化始于20世纪90年代,2005年以来得到了快速发展和积累,数字化标本数据目前已经达到了相当的规模,完全可以利用。遗憾的是,本次评估过程中对其使用率极低。第三,自然标本馆(CFH)积累的数字生态照片都有可靠的地标数据,如果鉴定信息有保证,则完全可以用于红色名录评估。第四,缺乏种群历史动态及与现状之间的对比研究。红色名录评估中种群历史动态是一个十分重要的评估指标,然而,由于历史观测积累不足,本次评估中很少种类能使用到这个指标,而分布面积和估计株数是比较常用的数据。未来应加强种群动

^① 熊智平,但新球,周根苗,罗仲春,刘小宁(2006)湖南舜皇山自然保护区银杉考察报告.见:湖南舜皇山自然保护区综合科学考察报告集(国家林业局中南林业调查规划设计院编),115-121页。

态观测数据的积累。第五, 应当应用Scratchpad那样的平台实时发布红色名录评估结果, 在这个平台上邀请分类学从业人员、生态学家、保护区管理员以及爱好者群体参与分享数据, 实时更新物种生存数据, 提高评估结果的可靠性。红色名录评估有相当强的时效性, 对我国这样的生物多样性热点区集中的国家和地区来说, 应定期开展评估才能反映物种实际生存现状和受威胁情况。遗憾的是, 本文报道的实际上是2010–2012年间的评估结果, 有些物种的分类地位、分布信息等可能有了新的变化, 其濒危等级也会有所改变。

3.2 加强野外调查、观察和分类学研究

分类学研究对红色名录评估有一定的影响。裸子植物种类较少, 但是物种的分类问题仍旧存在。国产裸子植物还有很多分类学的疑难类群, 如红豆杉属、买麻藤属(*Gnetum*)、冷杉属和松属(*Pinus*)等。红豆杉属的分类学研究近年来取得了不错的进展(Liu et al, 2011; Poudel et al, 2012; Möller et al, 2013)。解决这些分类学问题仍需要在野外调查、观察和广泛取样的基础上, 借助分子标记手段开展新的分类学研究工作。此外, 对空白区的调查可能会发现新的类群, 如: 金柏原为越南特有, 最近在我国广西发现新记录, 濒危等级为极危(蒙涛等, 2013), Zhou等(2015)在云南发现濒危的陈氏苏铁。如果将陈氏苏铁、金柏(CR)、岩生翠柏(*Calocedrus rupestris*, EN)和灰岩红豆杉(EN)等濒危种类列入统计结果, 我国的濒危物种比例会有所增加。

物种生存数据是红色名录评估的关键, 但常常是缺少东西。本次评估虽然得到了国内外分类学专家的支持, 但是仍未能获得足够的物种野外生存数据, 如: 柏科刺柏属昆明柏(*Juniperus gaussonii*)、滇藏方枝柏(*J. indica*)、西藏香柏(*J. pingii* var. *miehei*)、兴安圆柏(*J. sabina* var. *davurica*)、买麻藤科的灌状买麻藤(*Gnetum gnemon*)、松科的贡布红杉(*Larix kongboensis*)、缅甸云杉(*Picea farreri*)、兴安鱼鳞云杉(*P. jezoensis* var. *microsperma*)、西藏云杉(*P. spinulosa*)、彰武赤松(*Pinus densiflora* var. *zhangwuensis*)、变叶华南五针松(*P. kwangtungensis* var. *varifolia*)、黑皮油松(*P. tabuliformis* var. *mukdensis*)、扫帚油松(*P. tabuliformis* var. *umbraculifera*)等。新的调查数据对于红色名录等级更新有重要价值。

总之, 完善我国植物红色名录评估结果还有很

多工作需要开展, 如: (1)加强野外调查和分类学研究; (2)完善物种名录、地理分布和生境数据; (3)整合数字标本数据和CFH等生态照片里的物种生存数据; (4)完善红色名录评估专家数据库等。

致谢: 孙卫邦、陈家瑞、高连明、Keith Rushforth和Aljos Farjon提供部分物种数据, 刘全儒、张志翔、夏念和、高信芬、印开蒲、刘启新、曹伟等专家提供了信息。两位审稿人指出初稿存在的不足, 并提出修改建议, 在此一并致谢。

参考文献

- Bellard C, Leroy B, Thuiller W, Rysman JF, Courchamp F (2016) Major drivers of invasion risks throughout the world. *Ecosphere*, 7, e01241.
- Chen YQ, Wang RJ, Zhu SS, Jiang AL, Zhou LX (2016) Population status and conservation strategy of the rare and endangered plant *Glyptostrobus pensilis* in Guangzhou. *Tropical Geography*, 36, 944–951. (in Chinese with English abstract) [陈雨晴, 王瑞江, 朱双双, 蒋奥林, 周联选 (2016) 广州市珍稀濒危植物水松的种群现状与保护策略. *热带地理*, 36, 944–951.]
- Christenhusz MJM, Reveal JL, Farjon A, Gardner MF, Mill RR, Chase MW (2011) A new classification and linear sequence of extant gymnosperms. *Phytotaxa*, 19, 55–70.
- Crisp MD, Cook LG (2011) Cenozoic extinctions account for the low diversity of extant gymnosperms compared with angiosperms. *New Phytologist*, 192, 997–1009.
- Dai JS, Fu QF (2010) Declining reasons of rare plant and protection measures in Meilin Reservoir. *China Water Resources*, (11), 36–37, 49. (in Chinese with English abstract) [戴金水, 付奇峰 (2010) 梅林水库珍稀植物衰退原因. *水资源管理*, (11), 36–37, 49.]
- Fu DZ, Fu LK, Zuo JB, Peng DW (1998) Status and conservation of angiosperm diversity in China. In: *Research and Conservation of Species Diversity* (eds Song YL, Yang QE, Huang YQ), pp. 48–78. Zhejiang Science and Technology Press, Hangzhou. (in Chinese) [傅德志, 傅立国, 左家哺, 彭代文 (1998) 中国被子植物物种多样性现状及其保护. 见: *物种多样性研究与保护* (宋延龄, 杨亲二, 黄永青 主编), 48–78页. 浙江科学技术出版社, 杭州.]
- Gerrienne P, Meyer-Berthaud B, Fairon-Demaret M, Streel M, Steemans P (2004) *Runcaria*, a Middle Devonian seed plant precursor. *Science*, 306, 856–858.
- Guan ZT, Zhou L (1995) History, present status and conservation significance of *Cycas panzhihuaensis*. *Chinese Bulletin of Botany*, 12(Suppl.), 59–62. (in Chinese with English abstract) [管中天, 周林 (1995) 攀枝花苏铁的历史、现状与保护意义. *植物学通报*, 12(增刊), 59–62.]

- Guan ZT, Zhou LJ, Zhou L (1996) The cycad community and flora. I. The cycad community and flora in Jinshajiang Valley. In: Cycads of China (ed. Guan ZT), pp. 47–64. Sichuan Science & Technology Press, Chengdu. (in Chinese) [管中天, 周立江, 周林 (1996) 苏铁植物群落及植物区系(第一节): 金沙江河谷苏铁植物群落及植物区系. 见: 中国苏铁植物(管中天 主编), 47–64页. 四川科学技术出版社, 成都.]
- He YH, Li CL (1999) The ecological geographic distribution, spatial pattern and collecting history of *Cycas panzhihuaensis* populations. Acta Phytocologica Sinica, 23, 23–30. (in Chinese with English abstract) [何永华, 李朝銓 (1999) 攀枝花苏铁种群生态地理分布、分布格局及采挖历史的研究. 植物生态学报, 23, 23–30.]
- Jian SG, Wei Q, Gao ZZ, Xie ZH, Lin SH, Liu N (2005) Characteristics and conservation of wild populations of *Cycas fairylakea* newly found in Qujiang of Guangdong Province. Guihaia, 25, 97–101. (in Chinese with English abstract) [简曙光, 韦强, 高泽正, 谢振华, 林仕洪, 刘念 (2005) 广东省曲江县野生仙湖苏铁新种群及其保护. 广西植物, 25, 97–101.]
- Liu J, Möller M, Gao LM, Zhang DQ, Li DZ (2011) DNA barcoding for the discrimination of Eurasian yews (*Taxus* L., Taxaceae) and the discovery of cryptic species. Molecular Ecology Resources, 11, 89–100.
- Luo ZC, Luo YB (2008) Xinning Plants. China Forestry Publishing House, Beijing. (in Chinese) [罗仲春, 罗毅波 (2008) 新宁植物. 中国林业出版社, 北京.]
- Maxwell SL, Fuller RA, Brooks TM, Watson JEM (2016) The ravages of guns, nets and bulldozers. Nature, 536, 143–145.
- Meng T, Peng RC, Zhong GF, You ZJ, Tan WN, Xu WB (2013) *Xanthocyparis* Farjon & Hiep, a newly recorded genus of Cupressaceae from China. Guihaia, 33, 388–391. (in Chinese with English abstract) [蒙涛, 彭日成, 钟国芳, 游旨价, 谭卫宁, 许为斌 (2013) 黄金柏属——中国柏科一新记录属. 广西植物, 33, 388–391.]
- Millennium Ecosystem Assessment (2005) Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis. World Resources Institute, Washington, DC.
- Möller M, Gao LM, Mill RR, Zhang DQ, Roudel RC, Li DZ (2013) A multidisciplinary approach reveals hidden taxonomic diversity in the morphologically challenging *Taxus wallichiana* complex. Taxon, 62, 1161–1177.
- Poudel RC, Möller M, Gao LM, Ahrends A, Baral SR, Liu J, Thomas P, Li DZ (2012) Using morphological, molecular and climatic data to delimitate yews along the Hindu Kush-Himalaya and adjacent regions. PLoS ONE, 7, e46873. doi:10.1371/journal.pone.0046873
- Rabasa SG, Granda E, Benavides R, Kunstler G, Romaogaya JME, Penuelas J, Wojciechgil MS, Grodzki W, Ambrozys S, Bergh J, Hodar JA, Zamora R, Valladares F (2013) Disparity in elevational shifts of European trees in response to recent climate warming. Global Change Biology, 19, 2490–2499.
- Wang DB, Ji SY, Chen FP (2009) The spatial distribution pattern of main populations in *Cycas fairylakea* community. Journal of Southwest China Normal University (Natural Science Edition), 34, 93–97. (in Chinese with English abstract) [汪殿蓓, 暨淑仪, 陈飞鹏 (2009) 仙湖苏铁群落主要种群的空间分布格局. 西南师范大学学报(自然科学版), 34, 93–97.]
- Wang DB, Xing FW, Ji SY, Chen FP (2003) The report on the wild *Cycas fairylakea* population. Chinese Wild Plant Resources, 22(2), 19–20. (in Chinese with English abstract) [汪殿蓓, 邢福武, 暨淑仪, 陈飞鹏 (2003) 仙湖苏铁野生种群的报道. 中国野生植物资源, 22(2), 19–20.]
- Wang S, Xie Y (2004) China Species Red List, Vol. 1: Red List. Higher Education Press, Beijing. (in Chinese and in English) [汪松, 解焱 (2004) 中国物种红色名录, 第1卷: 红色名录. 高等教育出版社, 北京.]
- Wang XM, Lai YL, Xu XM, Ying ZM, Su YJ, Li YB, Liao WB (2006) Genetic variation in the endemic plant *Cycas fairylakea* (Cycadaceae) from Meilin Forest Park in Shenzhen on the basis of ISSR analysis. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni, 45, 82–85. (in Chinese with English abstract) [王晓明, 赖燕玲, 徐向明, 应站明, 苏应娟, 李月波, 廖文波 (2006) 深圳梅林仙湖苏铁野生种群遗传多样性ISSR分析. 中山大学学报(自然科学版), 45, 82–85.]
- Wang XQ, Ran JH (2014) Evolution and biogeography of gymnosperms. Molecular Phylogenetics and Evolution, 75, 24–40.
- Yang Y (2015) Diversity and distribution of gymnosperms in China. Biodiversity Science, 23, 243–246. (in Chinese with English abstract) [杨永 (2015) 中国裸子植物的多样性和地理分布. 生物多样性, 23, 243–246.]
- Zheng L, Feng YL (2005) Allelopathic effects of *Eupatorium adenophorum* Spreng. on seed germination and seedling growth in ten herbaceous species. Acta Ecologica Sinica, 25, 2782–2787. (in Chinese with English abstract) [郑丽, 冯玉龙 (2005) 紫茎泽兰叶片化感作用对10种草本植物种子萌发和幼苗生长的影响. 生态学报, 25, 2782–2787.]
- Zhou LJ, Guan ZT (1985) Studies on the natural *Cycas* community in the valley of Jinsha River. Acta Botanica Yunnanica, 7, 153–168. (in Chinese with English abstract) [周立江, 管中天 (1985) 金沙江河谷苏铁天然植物群落的研究. 云南植物研究, 7, 153–168.]
- Zhou W, Guang MM, Gong X (2015) *Cycas chenii* (Cycadaceae), a new species from China, and its phylogenetic position. Journal of Systematics and Evolution, 53, 489–498.

(责任编辑: 严岳鸿 责任编辑: 闫文杰)