

· 生物编目 ·

滇西北县域生物多样性本底调查与评估

武建勇¹ 彭 华² 蒋学龙³ 薛达元^{4*} 杜 凡⁵ 韩联宪⁵ 杨祝良² 税玉民²
刘培贵² 杨晓君³ 江望高⁶ 王跃华⁶ 赵富伟¹ 戴 蓉¹

1 (环境保护部南京环境科学研究所, 南京 210042)

2 (中国科学院昆明植物研究所, 昆明 650201)

3 (中国科学院昆明动物研究所, 昆明 650223)

4 (中央民族大学生命与环境科学学院, 北京 100081)

5 (西南林业大学林学院, 昆明 650224)

6 (云南大学生命科学学院, 昆明 650091)

摘要: 中国是世界上生物多样性最丰富的国家之一, 同时也是生物多样性受威胁最严重的国家之一。为了有效保护生物多样性, 2010年国务院批准实施了《中国生物多样性保护战略与行动计划(2010–2030年)》, 划定了32个陆地生物多样性保护优先区, 并设定了开展优先区生物多样性本底调查的战略目标、优先领域与优先行动。为此, 2010–2011年, 环境保护部联合中国科学院和高校的科研人员, 在滇西北开展了18个县的以县域为单元的生物多样性本底示范调查与研究。调查内容包括生态系统(植被类型)和物种两个层次。生态系统主要调查县域内植被类型的多样性, 完成了以群系为单位的植被类型编目; 物种层次主要调查县域内高等植物、脊椎动物、大型真菌的物种多样性组成、数量和用途等, 分析了特有物种和珍稀濒危物种数量等, 完成了县域物种编目。本文基于调查结果, 比较研究了不同县域间的生物多样性组成, 发现植被类型(108个群系)和物种(高等植物4,481种、脊椎动物625种、大型真菌222种)最丰富的县均为玉龙县。同时, 与历史记录对比研究发现, 滇西北的生物多样性分布数据十分欠缺, 严重影响了生物多样性保护的客观有效决策。生物多样性本底调查是生物多样性保护的一项基础工作, 本研究为中国未来开展大规模的生物多样性本底调查与评估提供了案例。

关键词: 生物多样性; 调查; 编目; 保护; 滇西北

An inventory of county-level biodiversity in Northwest Yunnan

Jianyong Wu¹, Hua Peng², Xuelong Jiang³, Dayuan Xue^{4*}, Fan Du⁵, Lianxian Han⁵, Zhuliang Yang², Yumin Shui², Peigui Liu², Xiaojun Yang³, Wanggao Jiang⁶, Yuehua Wang⁶, Fuwei Zhao¹, Rong Dai¹

1 *Nanjing Institute of Environmental Science, Ministry of Environmental Protection of the People's Republic of China, Nanjing 210042*

2 *Kunming Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650201*

3 *Kunming Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650223*

4 *College of Life and Environmental Sciences, Minzu University of China, Beijing 100081*

5 *College of Forestry, Southwest Forestry University, Kunming 650224*

6 *School of Life Sciences, Yunnan University, Kunming 650091*

Abstract: China is one of the world's richest countries in terms of biodiversity, which has been seriously threatened. In 2010, to effectively protect biodiversity, the State Council of China authorized the Protection Strategy and Action Plan of China Biological Diversity (Year 2010–2030), in which 32 terrestrial Biodiversity Priority Areas were delineated as preferential areas, and background surveys of biodiversity in these areas were also discussed. To protect biodiversity, the Ministry of Environmental Protection of the People's Republic of China, alongside various research institutions such as Chinese Academy of Sciences and universities, conducted biodiversity background surveys at the county level in 18 counties in Northwest Yunnan of

收稿日期: 2016-06-11; 接受日期: 2016-10-24

基金项目: 环境保护部“生物多样性保护专项”

* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: xuedayuan@hotmail.com

the southern section of the Hengduan Mountains Area from 2010 to 2011. The survey included ecosystems and species. At the ecosystem level, the survey investigated the diversity of vegetation formations within each county. At the species level, the survey investigated diversity of species composition, quantity, and usage of higher plants, vertebrates, and macro-fungi, analyzed the quantities of endemic, rare, and endangered species. The survey culminated in a species inventory at the county level. Based on the survey results, a comparative analysis of biodiversity composition among different counties was conducted. Among the 18 investigated counties, Yulong County, Jianchuan County, Gucheng District, Shangri-La County, and Eryuan County have relatively abundant ecosystem types. While all of these counties have more than 48 formations, Yulong County has the largest number of formations (108 formations). The formations of other counties ranged from 20 to 40. Yulong County not only has the richest vegetation formations, it also has the most abundant number of species (including 4,550 higher plants, 625 vertebrates, and 222 macro-fungi). The region also has a high proportion of endemic species. With respect to higher plants, the ratio of endemic species in most of the counties is about 20%, however, the ratio can approach or exceed 50%. With respect to animal species, the ratio of endemic species in most of the counties is about 10%, with the highest ratio in Heqing County, where 46 endemic species account for 17% of the total species. The authors hold that a comprehensive biodiversity survey is a necessary basis and hence suggest that this study be taken as a case for large-scale biodiversity investigations in the future.

Key words: biodiversity; survey; inventory; conservation; Northwest Yunnan

1993年生效的《生物多样性公约》是全球环境保护领域最重要的多边协定之一(薛达元等, 2012)。《生物多样性公约》将生物多样性定义为生物(动物、植物、微生物)与环境形成的生态复合体以及与此相关的各种生态过程的总和, 包括生态系统、物种、遗传3个层次的多样性(Chandra & Idrisova, 2011)。生物多样性是人类生产生活的重要物质基础, 对于维持人类生存起着十分重要的作用。尽管如此, 人类对生物多样性现状的掌握仍十分有限, 而且由于气候变化、资源过度利用、外来物种入侵、污染、土地利用变化等因素, 生物多样性面临着严重的威胁(Ayyad, 2003; Bellard et al, 2012)。全球生物多样性持续下降, 在被评估的350,000种植物中, 有20%处于受威胁状态(Walsh et al, 2015)。一个国家的生物多样性编目是开展生物多样性保护与规划的首要步骤(Smith & Figueiredo, 2010), 是生物多样性保护的核心内容。准确的生物多样性分布数据有助于识别亟需优先保护的区域或类群。

中国是世界上生物多样性最丰富的国家之一, 具有森林、灌丛、草甸、草原、荒漠和湿地等各类陆地生态系统以及黄海、东海、南海和黑潮河流域等海洋生态系统; 拥有高等植物35,112种(居世界第3位)(王利松等, 2015), 脊椎动物6,445种(占世界总数的13.7%), 已查明真菌种类约1万种(占世界总数的14%); 据不完全统计, 有栽培作物1,339种, 家养

动物品种576个(武建勇等, 2013)。尽管中国过去也开展了大量的生物多样性调查工作, 但主要集中于对重要物种和局部区域的生物多样性开展调查, 缺乏系统性、精细化的生物多样性本底性质的全面调查。2010年国务院批准发布实施的《中国生物多样性保护战略与行动计划(2011–2030年)》明确提出要开展生物多样性本底调查与评估。为此, 2010–2011年, 环境保护部组织专家启动了生物多样性保护优先区域生物多样性本底调查与评估示范研究工作, 旨在为更大规模的本底调查工作提供示范。本文主要介绍县域生物多样性本底调查方案的设计与滇西北18个县的调查成果, 为开展类似工作提供参考。

1 研究地概况

滇西北地区位于 $24^{\circ}38' - 29^{\circ}15' N$ 、 $98^{\circ}05' - 101^{\circ}16' E$ 之间, 面积为7.98万 km^2 , 约占云南省总面积的20.2%, 占全国陆域总面积的0.8%。行政区域包括云南省迪庆州的德钦、香格里拉、维西县, 怒江州的贡山、福贡、泸水、兰坪县, 大理州的大理市、宾川、剑川、鹤庆、洱源、云龙县, 丽江市的古城区、宁蒗、玉龙县, 保山市的隆阳区、腾冲县(图1)。滇西北是横断山的核心区域, 处于青藏高原至云贵高原的过渡地带, 是典型的高山峡谷地貌, 从海拔6,742 m的梅里雪山最高峰到700 m左右的怒江河



图1 开展生物多样性本底调查的滇西北18县市区分布图
Fig. 1 Map for 18 counties of the biodiversity background survey at the county level in Northwest Yunnan

谷, 具有明显而完整的山地垂直带谱, 特殊的地形地貌和复杂多样的气候使该区域成为全球生物多样性最为丰富的地区之一(张燕妮等, 2013); 同时, 还是《中国生物多样性保护战略与行动计划(2011–2030年)》划定的32个陆地生物多样性保护优先区的部分区域。滇西北在自然区域上属于喜马拉雅山系东部的横断山脉纵谷区, 地形地貌特殊, 气候复杂多样, 拥有中国近1/3的高等植物和动物种数, 属中国三大特有物种起源和分化中心区域, 分布着丰富而多样化的基因资源和动植物类群, 保存有大量古老的生物类群, 是中国原生生态系统保留最完好、垂直生态系统最完整以及全球温带生态系统最具代表性的地区。

2 方法

2010–2011年, 环境保护部委托环境保护部南京环境科学研究所组织中国科学院昆明植物研究

所、中国科学院昆明动物研究所、云南大学、西南林业大学4个单位对滇西北18个县(市、区)的植被与高等植物、脊椎动物、大型真菌开展了调查(附录1)。实地调查中, 按县域范围和类群划分了10个调查组, 各县依据调查内容分为了植被与植物调查组、动物调查组、大型真菌调查组, 有些调查组又分不同的调查小组, 如动物调查组又分为哺乳动物调查小组、鸟类调查小组、两栖爬行类调查小组。在野外调查中, 主要依据不同的植被类型、生境类型等布设样点, 再依据类群采取不同的调查方法。调查结果以县域为单位进行汇总, 即每个县单独提交植被与植物、动物、大型真菌的名录和报告。本文是在各调查组提交的共54个名录与报告的基础上, 汇总整理、分析提炼编写而成。

2.1 植被类型调查

主要以《中国植被》(中国植被编辑委员会, 1980)中的群系为具体单位, 通过踏查、样方调查等方法, 调查每一县域内植被类型的组成、分布、受威胁因素等, 记录建群种、优势种、伴生种等群落组成和特征以及盖度、多度、频度等信息, 结合文献资料(如《云南植被》(云南植被编写组, 1987)、区域性调查资料等)记载, 完成县域植被类型群系名录构建。

2.2 物种调查

按照不同的季节, 通过样线和样方调查等方法(不同类群采用一种或多种调查方法), 对每个县域内所有的高等植物、陆生脊椎动物和大型真菌物种进行多次调查, 记录、采集标本、拍摄照片等, 按照要求, 每个物种采集4份标本分别保存在不同的单位(考虑到动物的特殊性, 减少标本采集)。在调查的基础上, 结合历史资料(馆藏标本和文献资料), 完成每个县的物种编目, 每一物种须有标本、照片、文献等来源凭证(附录2)。标本包括本次采集的标本和馆藏历史标本, 引证最近年份标本(包括标本馆藏处与采集时间); 照片主要是本次或近年调查拍摄的能准确确定种名的照片, 不包括不能确定种名的照片, 疑难物种的鉴定请专科专属类群的专家协助完成; 文献主要指国内外权威的分类学文献, 包括地方志书、专类著作、区域性考察资料、学术期刊等; 记名或目击是指在实地调查中, 对于一些常见且在野外可以确定种名的物种, 可不采集标本, 只记录种名。调查共采集植物标本37,000余号、动

物标本7,400余号、大型真菌标本7,000余份,由于一些单位保存条件的限制等,目前大部分标本主要保存在相应调查承担单位的标本馆(室)。

2.3 数据整理

参考《中国生物物种名录》(中国科学院生物多样性委员会, 2015)对物种名称进行规范,确定物种的接受名,最终完成了县域物种编目;同时,在调查的基础上,分析了每个县内的物种多样性、中国特有物种、重点保护物种、珍稀濒危物种、资源物种等信息。其中,物种多样性分析包括科、属、种各分类阶元的多样性;重点保护物种主要依据国家林业局分别于1999年和1989年发布的《国家重点保护野生植物名录》(第一批)和《国家重点保护野生动物名录》;珍稀濒危物种主要依据环境保护部和中国科学院分别于2013年和2015年联合发布的《中国生物多样性红色名录: 高等植物卷》(http://www.zhb.gov.cn/gkml/hbb/bgg/201309/t20130912_260061.htm)和《中国生物多样性红色名录: 脊椎动物卷》(http://www.zhb.gov.cn/gkml/hbb/bgg/201505/t2015-0525_302233.htm);资源物种主要参考《中国资源植物》(朱太平等, 2007)一书,将其分为材用、药用、园林绿化、食用、鞣质与染料、油料、香料、蜜源、纤维和其他10类,因数据不系统,下文不作详细统计分析。

3 结果

3.1 植被类型多样性

在所调查的18个县中,依据群系数量来划分,

分布最多的为玉龙县(9个植被型108个群系),其次为剑川县(9个植被型88个群系),古城区(8个植被型86个群系),香格里拉县(9个植被型72个群系),洱源县(9个植被型68个群系);分布群系较少的县为鹤庆县(7个植被型12个群系)、宾川县(6个植被型15个群系)、隆阳区(7个植被型15个群系)、宁蒗县(6个植被型17个群系)、腾冲县(7个植被型18个群系);其余县域群系数量都在20-40之间(图2)。

3.2 物种多样性

(1)植物物种多样性。在所调查的18个县中,依据物种数量来划分,分布最丰富的为玉龙县(274科1,206属4,481种),其次为香格里拉县(251科1,141属4,242种)、德钦县(244科1,134属4,055种)和贡山县(276科1,228属4,011种);其余县物种数量都在2,000种左右,物种数量最少的为云龙县(196科730属1,638种)(附录3)。

(2)动物物种多样性。在所调查的18个县中,依据兽类、鸟类、两栖类、爬行类合计种类数量来划分,物种数量在500种以上的有腾冲县(120科351属625种)、玉龙县(112科317属568种)、隆阳区(116科357属562种)、泸水县(111科302属532种);近一半县域分布物种数在400种左右;其他县域都有300种左右,种类数量最少的为鹤庆县(89科189属277种)(附录3)。

在各县的动物物种中,一般鸟类占比例最高,其次为兽类,两栖和爬行类种类较少。比如在动物种类最多的腾冲县的120科351属625种动物物种中,有鸟类75科222属431种、兽类26科81属116种、爬

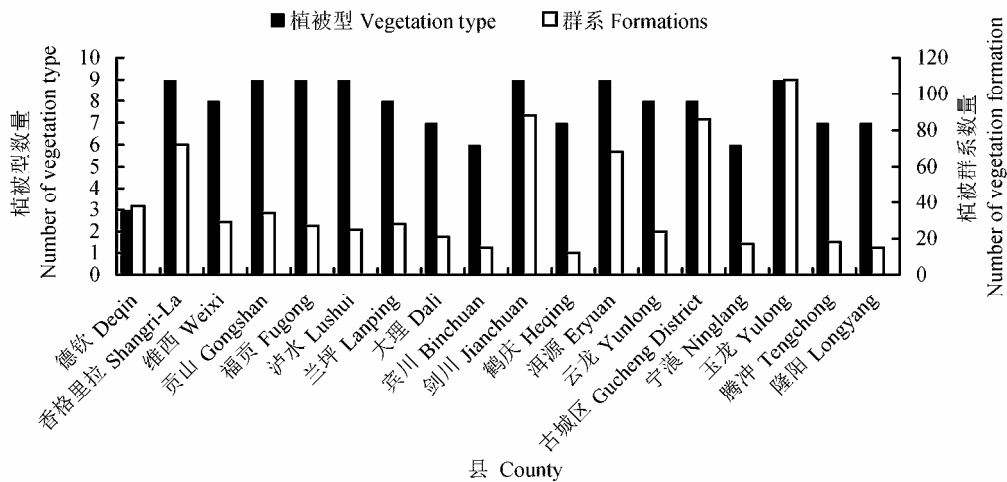


图2 滇西北18县县域植被类型多样性
Fig. 2 Vegetation diversity of 18 counties in Northwest Yunnan

行类10科27属42种、两栖类9科21属36种。

兽类最多的为腾冲县(26科81属116种)、泸水县(25科78属116种)、香格里拉县(26科77属113种)、隆阳区(28科83属112种)、玉龙县(26科76属109种), 种类都在100种以上, 分布较少的为剑川县(20科39属43种)、古城区(14科30属43种)、洱源县(21科37属46种)、维西县(19科43属55种)、福贡县(16科45属68种), 其余7个县物种数量都在70–90种之间。

鸟类最多的县为腾冲县(75科222属431种)、玉龙县(70科207属415种)、隆阳区(70科228属383种)、泸水(68科184属355种), 种类最少的为鹤庆县(51科104属164种), 其余县域包含种类都在200–300种。

两栖类物种分布多在20–30种, 分布最多的为腾冲县(9科21属36种), 其次为隆阳区(9科20属32种)、云龙县(9科18属26种)、泸水县(8科15属26种); 分布种类最少的为维西县(5科6属9种)和贡山县(5科7属9种)。

各县记录到的爬行类物种比两栖类物种多, 爬行类分布最多的为腾冲县(10科27属42种), 其次为隆阳区(9科26属35种)和泸水县(10科25属35种); 大多数县域爬行类分布数量在20种左右, 如兰坪县(7科22属28种)、玉龙县(6科16属21种)、福贡县(6科16属18种); 个别县域种类在15种以下, 分布种类最少的为维西县(2科6属9种), 其次为德钦县(5科10属12种)、古城区(5科10属12种)和云龙县(5科14属15种)。

(3)大型真菌物种多样性。在所调查的18个县中, 大型真菌分布种类最多的为香格里拉县(63科130属417种); 分布种类最少的为剑川县(30科56属94种), 其次为鹤庆县(25科29属124种), 云龙县(33科64属129种); 大多数县分布的种类在200种左右, 例如兰坪县有48科101属252种, 古城区有34科61属182种(附录3)。

(4)中国特有种多样性。滇西北不仅物种丰富, 而且特有种比例较高。就高等植物而言, 大多数县域特有种比例在20%左右, 个别县域接近或超过50%, 如香格里拉有特有种2,858种(占总物种数的66%), 古城区有1,981种(占总物种数的58%), 洱源县1,211种(占县域总物种数的53%); 少数县域特有种比例在20%以下, 甚至10%以下, 如维西县记录到的特有种仅105种(占县域植物总数的4%)。

对于动物物种来说, 大多数县域的特有种比例在10%左右; 特有种比例最小的为洱源县, 记录到19

种(占县域动物物种总数的5%); 特有种比例最大的为鹤庆县, 记录到46种(占县域总数的17%); 其次为德钦县(62种, 占比15%)、维西县(43种, 占比15%)、宾川县(45种, 占比15%)和云龙县(56种, 占比15%)。

(5)珍稀濒危物种。在所调查到的县域物种中, 很多物种处于濒危状态。就植物物种而言, 各县都有近100种为受威胁物种, 受威胁物种数最多的为贡山县(192种), 其次为腾冲县(163种)和德钦县(159种); 对于动物物种而言, 各县受威胁物种多在30种左右, 受威胁物种最多的为腾冲县(60种), 其次为泸水县(52种)、隆阳区(51种)、玉龙县(49种)和香格里拉县(40种)。

(6)保护物种。各县有国家重点保护植物10种左右, 国家重点保护植物分布最多的县为贡山县(20种), 其次为腾冲县(19种)和德钦县(15种), 其余县域都在15种以下; 各县分布的国家重点保护动物多在40–50种, 分布最多的县为腾冲县(75种), 其次为玉龙县(73种)、隆阳区(67种)和兰坪县(65种), 国家重点保护动物最少的为宾川县(17种)和鹤庆县(18种)。

4 讨论

有效获取生物多样性分布数据是可持续利用和管理决策的关键(Sousa-Baena et al, 2014), 许多案例表明, 可靠的物种分布信息的缺乏导致物种的保护效果难以达到预期(Swan et al, 2014)。尽管中国已在生物多样性调查方面做了大量的工作, 也初步在大尺度上掌握了基本组成, 但通过滇西北示范调查发现, 中国生物多样性本底调查工作薄弱, 物种分布数据掌握不够详尽。就高等植物来说, 与历史记录(陈丽等, 2013)相比, 除了维西县和大理市受调查范围所限, 种类较历史记录较少外, 其余县域调查数据都较历史记录大量增加, 增加种类最多、比例最大的县域为隆阳区(较历史记录增加1,226种, 增加比例为123.5%); 其次为腾冲县、云龙县和剑川县, 增加种类都在700种以上, 增加比例都在50%以上。

中国还面临现有分布数据比较分散、缺乏有效整合的问题。一些调查数据、标本、资料集中在个人手里, 缺乏全国范围内系统而全面的调查和对现有零散调查成果的系统整合。本次调查数据远远多于中国植物数字标本馆记录的数据, 18个县中有8个县的植物分布种类记录增加100%以上, 个别县

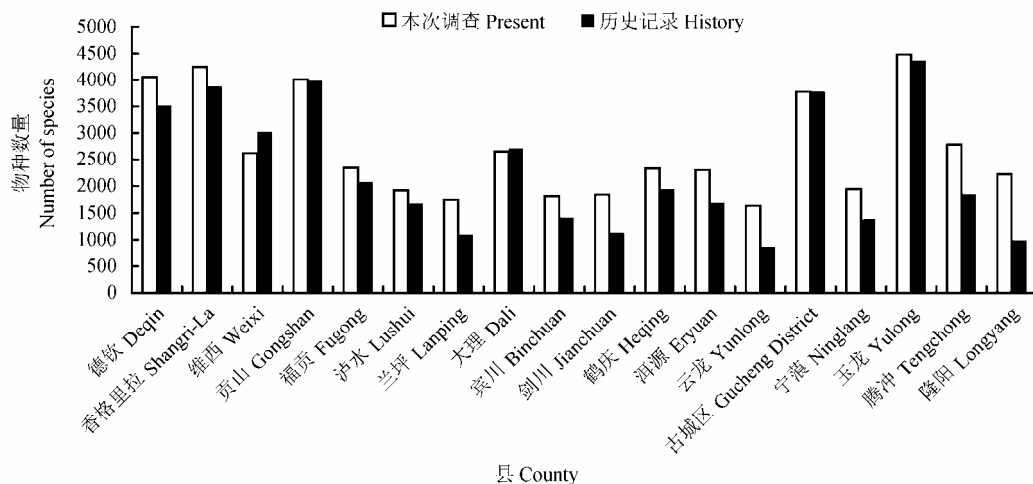


图3 本次调查数据与历史记录比较

Fig. 3 Compare of present and history number of plant species in 18 counties

域增加种类百分比高达400%多,甚至达1000%多(附录4)。在中国数字植物标本馆中一些县的物种分布数据仅与物种数相当,也就是说一个物种的分布记录只有一笔数据或有限数量的记录。另外,馆藏标本的代表性很差,各地区、各类群的采集十分不均衡,而取样的偏差直接影响到生物多样性丰富度统计的准确性(杨永, 2012; Yang et al, 2013)。如本研究中,玉龙和香格里拉两县物种多样性最为丰富,除了两县本身面积较大外,主要的原因是历史以来两县的调查工作较多,调查充分,同时专家本人手里也积攒了一些调查资料,致使两县的本底数据比较翔实。

生物多样性本底不清是中国生物多样性保护面临的重大问题之一。很多国家已经完成以经纬度范围、采用拉网式的物种资源普查。如意大利为有效落实全球植物保护战略目标并评估落实程度,在调查的基础上,以100 km²一个网格完成了全国植物重要区域的识别与划分(Blasi et al, 2011)。长期以来,中国的生物多样性调查工作主要以行政单元开展,积累了丰富的数据,大部分数据以县作为基本单元进行记录和统计,同时,县域也是中国当前进行行政管理的基本单元。2010–2011年,环保部组织开展了云南、贵州、广西三省(区)26县(市、区)县域生物多样性综合示范调查,取得了成功经验(薛达元和武建勇, 2016)。鉴于中国的实际情况,为获得细致的生物多样性分布数据,加强生物多样性的精细化、系统化管理,同时,考虑到与历史数据的衔

接,后期便于管理和利用相关数据,建议我国投入大量资金,开展以县域为单元的生物多样性本底调查,建立以县域为单元的生物多样性数据库。在开展生物多样性普查的同时,选择符合条件的样点,建立固定样线(样方、样点等),作为生物多样性监测的永久观察点,进行定期观察,获得动态数据,形成地区乃至全国的生物多样性监测网络体系。此外,需要关注珍稀濒危物种以外其他物种的保护以及遗传多样性的保护,并提升保护区的管理质量。同时,要完善中国生物多样性保护的法律法规体系,加强现有法规的执法力度。

致谢:感谢云南省环境保护厅在野外调查中的协调帮助。感谢中国科学院昆明植物研究所、中国科学院昆明动物研究所、西南林业大学、云南大学相关专家的辛苦工作。感谢中国数字植物标本馆(<http://www.cvh.org.cn/>)提供数据查询,为本文讨论提供了对比。感谢审稿专家提出的宝贵建议和意见。

参考文献

- Ayyad MA (2003) Case studies in the conservation of biodiversity: degradation and threats. *Journal of Arid Environments*, 54, 165–182.
- Bellard C, Bertelsmeier C, Leadley P, Thuiller W, Courchamp F (2012) Impacts of climate change on the future of biodiversity. *Ecology Letters*, 15, 365–377.
- Biodiversity Committee, Chinese Academy of Sciences (2015) *Catalogue of Life China*. Science Press, Beijing. [中国科学院生物多样性委员会 (2015) 中国生物物种名录. 科学出版社, 北京.]
- Blasi C, Marignani M, Copiz R, Fipaldini M, Bonacquisti S,

- Vico ED, Rosati L, Zavattero L (2011) Important plant areas in Italy: from data to mapping. *Biological Conservation*, 144, 220–226.
- Chandra A, Idrisova A (2011) Convention on Biological Diversity: a review of national challenges and opportunities for implementation. *Biodiversity and Conservation*, 20, 3295–3316.
- Chen L, Dong HJ, Peng H (2013) Diversity and distribution of higher plants in Yunnan, China. *Biodiversity Science*, 21, 359–363. (in Chinese with English abstract) [陈丽, 董洪进, 彭华 (2013) 云南省高等植物多样性与分布状况. *生物多样性*, 21, 359–363.]
- Compilation Group of the Yunnan Vegetation (1987) *Yunnan Vegetation*. Science Press, Beijing. (in Chinese) [云南植被编写组 (1987) 云南植被. 科学出版社, 北京.]
- Smith GF, Figueiredo E (2010) E-taxonomy: an affordable tool to fill the biodiversity knowledge gap. *Biodiversity and Conservation*, 19, 829–836.
- Sousa-Baena SM, Garcia LC, Peterson AT (2014) Completeness of digital accessible knowledge of the plants of Brazil and priorities for survey and inventory. *Diversity and Distributions*, 20, 369–381.
- Swan M, Stefano JD, Christie F, Steel E, York A (2014) Detecting mammals in heterogeneous landscapes: implications for biodiversity monitoring and management. *Biodiversity and Conservation*, 23, 343–355.
- The Editorial Committee of Vegetation of China (1980) *Vegetation of China*. Science Press, Beijing. (in Chinese) [中国植被编辑委员会 (1980) 中国植被. 科学出版社, 北京.]
- Walsh A, Finn J, Jebb M, Waldren S, Sullivan C (2015) The distribution of vascular plant species of conservation concern in Ireland, and their coincidence with designated areas. *Journal of Nature Conservation*, 24, 56–62.
- Wang LS, Jia Y, Zhang XC, Qin HN (2015) Overview of higher plant diversity in China. *Biodiversity Science*, 23, 217–224. (in Chinese with English abstract) [王利松, 贾渝, 张宪春, 覃海宁 (2015) 中国高等植物多样性. *生物多样性*, 23, 217–224.]
- Wu JY, Xue DY, Zhao FW, Wang YJ (2013) Progress of the study on investigation and conservation of biodiversity in China. *Journal of Ecology and Rural Environment*, 29, 146–151. (in Chinese with English abstract) [武建勇, 薛达元, 赵富伟, 王艳杰 (2013) 中国生物多样性调查与保护研究进展. *生态与农村环境学报*, 29, 146–151.]
- Xue DY, Wu JY, Zhao FW (2012) Action, progress and prospects in implementation of the Convention on Biological Diversity during the past 20 years in China. *Biodiversity Science*, 20, 623–632. (in Chinese with English abstract) [薛达元, 武建勇, 赵富伟 (2012) 中国履行《生物多样性公约》二十年: 行动、进展和展望. *生物多样性*, 20, 623–632.]
- Xue DY, Wu JY (2016) *The Technical Guidelines for Biodiversity Survey and Inventory, and Demonstration Practices in the 26 Counties of Yunnan, Guizhou and Guangxi Provinces in China*. China Environmental Science Press, Beijing. (in Chinese) [薛达元, 武建勇 (2016) 生物多样性本底调查技术规范与滇黔桂26县调查示范研究. 中国环境出版社, 北京.]
- Yang WJ, Ma KP, Kreft H (2013) Geographical sampling bias in a large distributional database and its effects on species richness-environment models. *Journal of Biogeography*, 40, 1415–1426.
- Yang Y (2012) Holdings of type specimens of plants in herbaria of China. *Biodiversity Science*, 20, 512–516. (in Chinese with English abstract) [杨永 (2012) 中国植物模式标本的馆藏量. *生物多样性*, 20, 512–516.]
- Zhang YN, Zhang ZM, Geng YP, Ou XK, Peng SJ, Wang WL, Feng X, Guo JW (2013) Priority plant communities for conservation in Northwest Yunnan. *Biodiversity Science*, 21, 296–305. (in Chinese with English abstract) [张燕妮, 张志明, 耿宇鹏, 欧晓昆, 彭声静, 王文礼, 冯欣, 吴靖雯 (2013) 滇西北地区优先保护的植物群落类型. *生物多样性*, 21, 296–305.]
- Zhu TP, Liu L, Zhu M (2007) *Resource Plants in China*. Science Press, Beijing [朱太平, 刘亮, 朱明 (2007) 中国资源植物. 科学出版社, 北京.]

(责任编辑: 马克平 责任编辑: 闫文杰)

附录 Supplementary Material

附录1 各类群承担单位与负责人

Appendix 1 Units and persons of responsible for group
<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2016154-1.pdf>

附录2 物种编目凭证引用格式

Appendix 2 Format of vouchers for species inventory
<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2016154-2.pdf>

附录3 滇西北18县市区县域物种多样性

Appendix 3 County-level species diversity of 18 counties in Northwest Yunnan
<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2016154-3.pdf>

附录4 中国数字植物标本馆收集的18县主要标本馆的标本数据(申请于中国数字植物标本馆)

Appendix 4 Specimen data of 18 counties from the collection of Chinese Virtual Herbarium
<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2016154-4.pdf>