

山西省重点保护野生植物就地保护现状

张殷波¹ 张晓龙¹ 苑 虎^{2*}

¹ (山西大学环境与资源学院, 太原 030006)

² (中国科学院植物研究所中科院北方资源植物重点实验室, 北京 100093)

摘要: 建立自然保护区是生物多样性保护最为直接和有效的方法。开展重要保护物种的科学考察和研究, 评价其就地保护现状, 对区域内实施科学合理的保护与管理具有重要的意义。本文基于文献资料和野外调查, 分析了山西省重点保护野生植物的地理分布及就地保护现状, 结果显示: (1)山西省重点保护野生植物共57种, 其中有49种分布在自然保护区内, 就地保护率为86%; (2)在地理分布上, 晋城、运城、临汾和阳泉4个市的保护区内分布的保护植物种类最多; (3)采用“累计筛选法”共鉴别出6个保护贡献率最高的保护区, 其累计保护贡献率达到86%; (4)总体来说, 山西省重点保护野生植物受到较全面的就地保护, 但仍存在一些保护空缺, 这些保护空缺地的鉴别将为山西省自然保护区的进一步规划提供科学参考。

关键词: 重点保护野生植物, 自然保护区, 就地保护, 保护空缺

Assessing the *in situ* conservation status of key protected wild plants in Shanxi Province

Yinbo Zhang¹, Xiaolong Zhang¹, Hu Yuan^{2*}

¹ College of Environmental Science and Resources, Shanxi University, Taiyuan 030006

² Key Laboratory of Plant Resources, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093

Abstract: Establishing nature reserves to protect species and their habitats, is the most direct and effective approach for biodiversity conservation. Conducting investigations of the important protected species and assessing their *in situ* conservation status are of important guiding significance for reasonable conservation and effective management within a region. In this paper, based on the literature and field investigations, we analyzed the distribution and protection status of the key protected wild plants in Shanxi Province. The results showed that there were 57 key protected wild plants in Shanxi, 49 of which were distributed in nature reserves, and the *in situ* conservation rate was 86%. The nature reserves in Jincheng, Yuncheng, Linfen, and Yangquan cities contained the most protected wild plant species. Cumulative screening was used to select the six nature reserves with the highest contributions. The cumulative protection contribution rate of these six reserves was 86%. In general, the key protected wild plants are under comprehensive protection in Shanxi. However, there are still some protection gaps, and these identified gap areas will provide a scientific basis for further planning and development of nature reserves in Shanxi Province.

Key words: key protected wild plants, nature reserve, *in situ* conservation, protection gaps

野生植物是生物多样性的的重要组成部分。然而, 由于人口膨胀、经济发展、环境污染以及人类对植物资源掠夺式的开发利用, 野生植物资源日益锐减甚至濒临枯竭(Sang *et al.*, 2011)。珍稀濒危野生植物

保护的主要途径有就地保护和迁地保护, 其中就地保护就是建立各类自然保护区来保护物种及其生境, 是生物多样性保护最为直接和有效的方法和手段(崔国发, 2004)。但是, 现有自然保护区对生物多

收稿日期: 2013-05-29; 接受日期: 2013-12-20

基金项目: 国家自然科学基金(31100392)和山西省自然科学基金(2011011031-1)

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

样性的保护效率如何?近年来,有关就地保护有效性的评价及其评价方法的探讨受到了保护生物学家的广泛关注(欧阳志云等, 2002; Stem *et al.*, 2005; 栾晓峰等, 2009a), 并在全球尺度(Joppa *et al.*, 2008; Jenkins & Joppa, 2009)及区域尺度(Turner *et al.*, 2006; Pawar *et al.*, 2007)上进行了相关的实践工作。大量研究证明, 开展重要保护物种的科学考察和研究, 评价其就地保护现状, 对区域内实施科学合理的保护与管理具有重要的指导意义(Zhao & Fang, 2006)。

我国在自然保护区建设和就地保护有效性评价方面已开展了一系列研究工作(葛继稳等, 1998; Tang *et al.*, 2006; 苑虎等, 2009; 张殷波等, 2010)。山西省从1980年开始建设自然保护区以来, 共建成自然保护区46个, 其中包括国家级6个, 省级40个(中华人民共和国环境保护部, 2012)。但是, 现有的自然保护区网络对山西省重点保护野生植物的就地保护效率如何? 一些重要的植物资源是否得到了有效保护? 这些问题仍是未知。因此, 本研究以山西省重点保护野生植物为对象, 基于文献资料收集和野外调查, 评价其地理分布以及在自然保护区内的就地保护现状, 进而鉴别目前未受到有效保护的保护对象以及保护空缺地, 提出优化保护区网络的建议, 以期为山西省野生植物就地保护工作以及自然保护区的合理规划提供参考。

1 数据与方法

1.1 保护对象

以《国家重点保护野生植物名录》(国家林业局和农业部, 1999)和《山西省重点保护野生植物名录(第一批)》(山西省人民政府, 2004)为依据, 建立了山西省重点保护野生植物物种名录(张殷波等,

2013)。山西省重点保护野生植物共计57种(表1), 隶属于38科45属, 其中国家级重点保护野生植物8种(包括国家I级2种, 国家II级6种), 省级重点保护野生植物49种。鉴于紫萁(*Osmunda japonica*)和反曲贯众(*Cyrtomium recurvum*)2种蕨类植物及被子植物日本紫珠(*Callicarpa japonica*)的野外调查数据不足, 本研究拟以其余54种保护植物为研究对象, 分析它们的就地保护现状。

1.2 就地保护现状分析

通过查阅相关志书、标本记录、文献资料、自然保护区内部参考资料, 结合野外调查数据, 确定了山西省重点保护野生植物资源的地理分布区域。在前期研究的基础上(张殷波等, 2013), 对物种的地理分布数据进一步审核、整理, 建立山西省重点保护野生植物的地理分布数据库, 分析其地理分布现状并绘制地理分布图。

基于文献资料和野外调查相结合的方法, 确定保护对象在保护区内的分布现状。首先, 收集有关的文献资料, 包括期刊论文(张军等, 2004; 卢景龙, 2009)、自然保护区科考报告集(毕润成, 2009)和自然保护区总体规划等内部资料, 从中提取保护植物的分布信息, 共获得28个(包括6个国家级和22个省级)保护区内重点保护野生植物的分布信息, 并将以上保护区的空间位置矢量化后得到保护区分布图(图1)。在文献资料研究的基础上, 选取了11个重要保护区进行野外实地调查, 分别是阳城莽河猕猴、历山、五鹿山、庞泉沟、黑茶山和芦芽山6个国家级保护区以及太宽河、薛公岭、五台山、繁峙臭冷杉和壶流河5个省级保护区。结合以上研究, 建立保护植物在保护区内的分布数据库, 最终确定保护植物的就地保护现状。此外, 筛选出目前未受到就地保护的物种, 将其地理分布图与山西省自然保

表1 山西省重点保护野生植物种类组成和保护等级
Table 1 Composition and protection categories of the key protected wild plants in Shanxi

类群 Group	科 Family	属 Genus	种 Species	I级保护物种 Category I	II级保护物种 Category II	省级保护物种 Provincial
蕨类植物 Pteridophyta	2	2	2	0	0	2
裸子植物 Gymnospermae	3	3	4	2	0	2
被子植物 Angiospermae	33	40	51	0	6	45
总计 Total	38	45	57	2	6	49

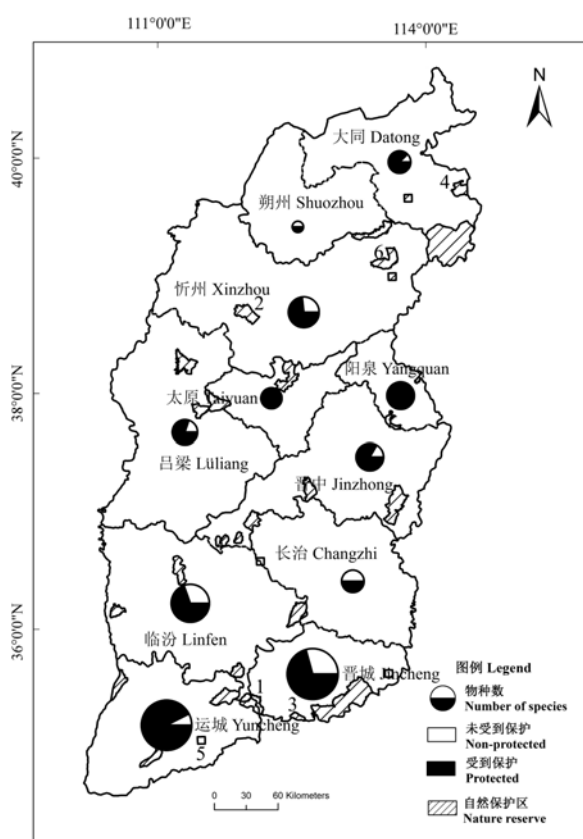


图1 山西省重点保护野生植物的地理分布和就地保护现状。1. 历山国家级自然保护区; 2. 芦芽山国家级自然保护区; 3. 阳城莽河猕猴国家级自然保护区; 4. 壶流河省级自然保护区; 5. 太宽河省级自然保护区; 6. 繁峙臭冷杉省级自然保护区。

Fig. 1 The distribution and *in situ* conservation status of the key protected wild plants in Shanxi. 1. Lishan National Nature Reserve; 2. Luyashan National Nature Reserve; 3. Yangcheng Manghe Macaque National Nature Reserve; 4. Hulihe Provincial Nature Reserve; 5. Taikuanhe Provincial Nature Reserve; 6. Fanshi *Abies nephrolepis* Provincial Nature Reserve.

护区分布图(张殷波等, 2010)进行叠加, 从而鉴别得出未受到有效保护的保护区空缺地区。

1.3 自然保护区保护贡献率分析

本研究从保护珍稀濒危野生植物角度出发, 采用累计筛选法来评价自然保护区的保护贡献率。该方法依据“保护物种最多”、“互补性最高”和“保护面积最小”3个原则, 在自然保护区网络中鉴别出保护贡献率最高且补充贡献率也最高的保护区。具体步骤如下:

首先将保护区按照包含重点保护野生植物的数量从多到少进行排序, 然后选中包含保护物种数

最多、所占面积最小的作为保护贡献率第一位的保护区, 同时认为所包含的保护物种已被有效保护, 因此从总的保护对象中剔除; 第二步, 将其余保护区按照包含剩余保护物种的数量再次从多到少进行排序, 然后选中此时包含保护物种数最多、所占面积最小的保护区作为保护贡献率第二位的保护区; 重复以上步骤, 直至所有保护物种都被剔除掉后, 最终得到山西省重点保护野生植物保护贡献率最高以及补充贡献率也最高的保护区位序。

2 结果

2.1 山西省重点保护野生植物就地保护现状

山西省重点保护野生植物零散分布于全省境内(图1)。分布在山西最南端的晋城市和运城市的保护植物种类最多, 分别为41种和40种, 占保护植物总数(57种)的72%和70%; 其次是临汾市(23种)、忻州市(15种)、阳泉市(12种)、晋中市(12种)和吕梁市(10种), 分别占保护植物总数的40%、26%、21%和18%; 而长治市(8种)、大同市(8种)、太原市(7种)和朔州市(2种)分布的保护植物种类最少, 分别占保护植物总数的14%、12%和4%。

山西省重点保护野生植物中共有49种分布于所选的28个保护区内, 就地保护率达到86%, 其中有45种分布于国家级保护区内。总体来说, 山西省重点保护野生植物受到较全面的就地保护。其中, 分布在8个以上保护区的保护植物共5种, 包括国家级保护植物野大豆(*Glycine soja*)及4种省级保护植物(表2); 分布在5–8个保护区的保护植物共16种, 包括国家级保护植物紫椴(*Tilia amurensis*)及15种省级保护植物; 分布在2–4个保护区的保护植物共23种, 包括4种国家级保护植物, 分别是南方红豆杉(*Taxus wallichiana* var. *mairei*)、连香树(*Cercidiphyllum japonicum*)、翅果油树(*Elaeagnus mollis*)和水曲柳(*Fraxinus mandschurica*), 以及19种省级保护植物; 仅分布在1个保护区的保护植物共5种, 包括国家级保护植物红豆杉(*Taxus wallichiana* var. *chinensis*)及4种省级保护植物。

从图1还可以看出, 各行政地区重点保护野生植物的就地保护现状不一, 保护效率也相差较大, 但总体上各市保护区的就地保护率均达到50%以上。例如, 阳泉市(12种)和太原市(7种)分布的所有保护植物均已在保护区内, 保护效率最高; 晋城市

表2 山西省重点保护野生植物分布的保护区数量统计
Table 2 Number of nature reserves with distribution of the key protected wild plants in Shanxi

分布保护区数 No. of reserves	物种 Species
1	臭冷杉、山榧、血皮槭、山桐子、红豆杉 <i>Abies nephrolepis</i> , <i>Lindera reflexa</i> , <i>Acer griseum</i> , <i>Idesia polycarpa</i> , <i>Taxus wallichiana</i> var. <i>chinensis</i>
2	连香树、冬瓜杨、匙叶栎、泡花树、暖木、狗枣猕猴桃、四照花、迎红杜鹃 <i>Cercidiphyllum japonicum</i> , <i>Populus purdomii</i> , <i>Quercus dolicholepis</i> , <i>Meliosma cuneifolia</i> , <i>Meliosma vertchiorum</i> , <i>Actinidia kolomikta</i> , <i>Cornus kousa</i> subsp. <i>chinensis</i> , <i>Rhododendron mucronulatum</i>
3	南方红豆杉、翅果油树、铁木、领春木、楔裂美花草、野茉莉、芬芳安息香 <i>Taxus wallichiana</i> var. <i>mairei</i> , <i>Elaeagnus mollis</i> , <i>Ostrya japonica</i> , <i>Euptelea pleiosperma</i> , <i>Callianthemum cuneilobum</i> , <i>Styrax japonicus</i> , <i>Styrax odoratissimus</i>
4	水曲柳、异叶榕、宁武乌头、山西乌头、山胡椒、木姜子、山白树、软枣猕猴桃 <i>Fraxinus mandschurica</i> , <i>Ficus heteromorpha</i> , <i>Aconitum ningwuense</i> , <i>Aconitum smithii</i> , <i>Lindera glauca</i> , <i>Litsea pungens</i> , <i>Sinowilsonia henryi</i> , <i>Actinidia arguta</i>
5	木贼麻黄、青檀、竹叶花椒、膀胱果、刺楸、角柱花、老鹳铃、络石、蝟实 <i>Ephedra equisetina</i> , <i>Pteroceltis tatarinowii</i> , <i>Zanthoxylum armatum</i> , <i>Staphylea holocarpa</i> , <i>Kalopanax septemlobus</i> , <i>Cerato-stigma plumbaginoides</i> , <i>Styrax hemsleyanus</i> , <i>Trachelospermum jasminoides</i> , <i>Kolkwitzia amabilis</i>
6	脱皮榆、省沽油、山茱萸 <i>Ulmus lamellosa</i> , <i>Staphylea bumalda</i> , <i>Cornus officinalis</i>
7	红景天、窄叶紫珠 <i>Rhodiola rosea</i> , <i>Callicarpa membranacea</i>
8	紫椴、漆树 <i>Tilia amurensis</i> , <i>Toxicodendron vernicifluum</i>
>8	野大豆、流苏树、文冠果、党参、桔梗 <i>Glycine soja</i> , <i>Chionanthus retusus</i> , <i>Xanthoceras sorbifolia</i> , <i>Codonopsis pilosula</i> , <i>Platycodon grandiflorus</i>

和运城市分别有29种和37种保护植物分布于保护区内，分别占当地保护植物总数的71%和93%。

2.2 保护空缺地

目前，山西省重点保护野生植物中仍有5种未分布于自然保护区内，分别是：沙芦草(*Agropyron mongolicum*)、堇花槐 (*Sophora japonica* var. *violacea*)、窄叶槐(*Sophora angustifoliola*)、锦带花 (*Weigela florida*) 和 细 裂 槭 (*Acer pilosum* var. *stenolobum*)。其中沙芦草为国家Ⅱ级保护植物，堇花槐和窄叶槐为山西特有的省级重点保护野生植物，在《中国物种红色名录》(汪松和解焱, 2004)中已经被认定为极危等级。

我们通过实地考察确定了这5个未受到就地保护物种的主要分布地(图2)。其中锦带花只在山西省五台县有零星分布，主要分布在五台省级自然保护区周边地区；堇花槐和窄叶槐分别只在新绛县和万荣县某一位置有局域分布，更堪忧的是它们在野外仅以单株的形式存在；细裂槭也仅在吕梁市的某一林场有分布；沙芦草散布于大同市与朔州市的一些县区。我们把这5种保护植物的分布地区定义为山西省生物多样性的保护空缺地，以期为山西省野生植物的就地保护工作以及山西省自然保护区的进一步合理规划提供重要依据。

2.3 自然保护区的保护贡献率

按照筛选顺序(图3)，28个保护区中首先筛选出的保护贡献率最高的是历山国家级自然保护区，有重点保护野生植物38种，占保护植物总数的67%；其次，筛选出补充保护贡献率最高的是芦芽山国家级自然保护区，补充保护物种数5种，累计保护物种43种，累计保护贡献率达到75%；随后依次筛选出阳城莽河猕猴国家级自然保护区、壶流河省级自然保护区、太宽河省级自然保护区和繁峙臭冷杉省级自然保护区，这4个保护区共补充保护物种6种，累计保护物种49种，累计保护贡献率达到86%。通过筛选算法，共得到6个保护贡献率最高且最互补的保护区，总面积占山西省保护区总面积的9.7%，累计保护贡献率达到86%。其中，前3位均为国家级保护区，其面积仅为山西省保护区总面积的4.49%，累计保护贡献率达到了78%。通过本研究得出，筛选得到的6个保护区对山西省重点保护野生植物的保护贡献率最高，并且国家级保护区的保护贡献率明显高于省级保护区。

3 讨论

准确的种群数量与分布范围数据是生物多样性保护效率评价的基础。对于分布范围相对较小的

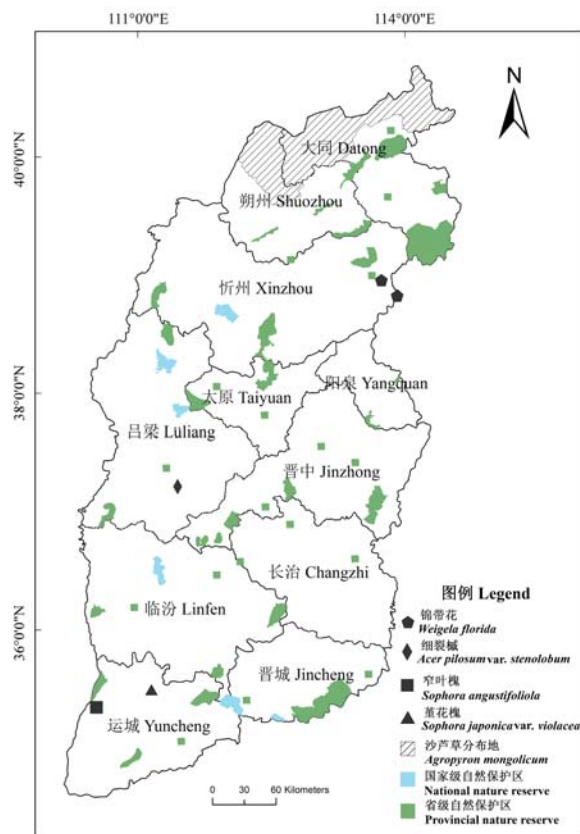


图2 未受到自然保护区保护的山西省重点保护野生植物的分布地
Fig. 2 Distribution of the key protection plants outside the nature reserves in Shanxi

少数种群来说, 通过长期的野外监测来获得其较准确的分布范围和种群动态才有可行性, 但对于大范围的所有种群来说则比较困难(栾晓峰等, 2009b)。秦卫华等(2012)认为, 通常情况下, 濒危物种分布的自然保护区数量与其种群数量存在正相关关系, 有记录分布的保护区数量越多, 则说明就地保护程度越好。本研究的数据获取和分析方法以文献资料为主, 仅对个别物种进行了野外调查, 不能逐一对研究对象的种群数量和分布面积实施详细的调查和分析。因此在进行保护效果的评价过程中, 仅以保护植物在保护区内是否有分布为依据, 对其就地保护现状进行了初步评价。今后希望通过更为全面的调查与监测来进一步完善山西省重点保护野生植物数据库, 从而对山西省野生植物的实际地理分布以及就地保护现状进行更为科学、深入的评价。

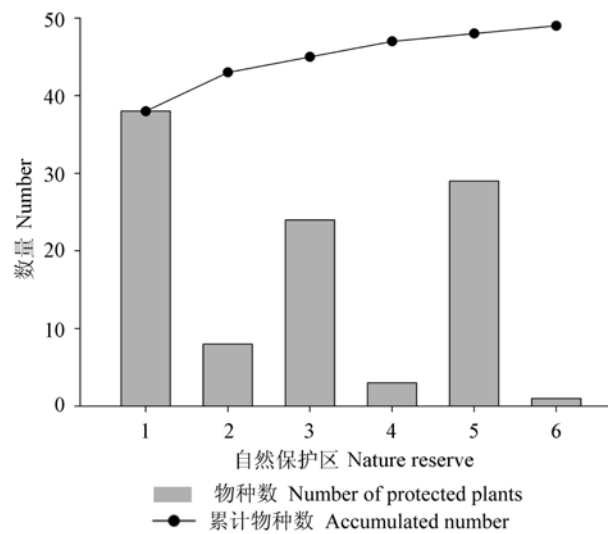


图3 自然保护区的累计保护贡献趋势(保护区序号同图1)
Fig. 3 Changes of accumulated contribution of nature reserves. The code of nature reserve is the same as Fig. 1.

对于评估结果中5种目前未受到自然保护区保护的植物, 根据我们的研究结果, 它们主要分布在10个县区。参照世界自然保护联盟(IUCN)关于自然保护地的分类模式(蒋明康等, 2004; 喻泓等, 2007), 结合这些保护植物的分布状况, 可以考虑在这些保护空缺地区新建或者扩建保护区。具体建议有: (1)沙芦草散布于山西省北部的一些县区, 山西省是其分布的南界, 可考虑在沙芦草分布地新建保护区或保护示范点; (2)对于有些重点保护植物的保护空缺地区, 如果其地理位置在保护区周围区域, 如锦带花和细裂槭, 可考虑扩建现有保护区或调整保护区边界来提高保护效率, 如五台山省级自然保护区、薛公岭省级自然保护区等; (3)对于分布范围十分狭窄且种群数量极少的物种, 如堇花槐和窄叶槐, 则可以考虑新建重点保护小区进行就地保护。

在进行保护效率评估中, 在5个以上保护区内实现了就地保护的物种有21种, 占保护植物总数的37%。然而, 大部分重点保护野生植物分布范围极其狭窄, 且仅在少数几个保护区内实现就地保护, 例如红豆杉仅存于历山国家级自然保护区, 山桐子仅分布于阳城莽河猕猴国家级自然保护区的局部位置。因此, 在保护区内必须加强基础研究工作, 进行系统的本底资源调查, 对保护区内重点保护野生植物的分布实行长期监测工作, 实时掌握其种群

动态变化,进行群落学特性的研究,真正保证就地保护的成效。

建立自然保护区是生物多样性保护最直接的途径,而评价这些保护区对于生物多样性的有效保护程度无疑是十分重要的(薛达元和蒋明康, 1995; 王智等, 2007)。评价保护区网络以及确定优先保护区的方法有很多,根据保护对象的不同大致分为基于物种保护(Brooks *et al.*, 2004; 蒋明康等, 2006)和基于生态系统或生境保护的方法(Olson & Dinerstein, 1998)。陈雅涵等(2009)从植被类型、野生保护物种以及热点地区3个方面对我国截至2007年已建立的2,047个自然保护区进行了科学评价,并筛选得出保护优先性较高的前21个保护区。为了达到最有效的保护效率,实现以最小的保护代价(保护区面积)来保护尽可能多的物种,基于科学评价的方法去鉴别保护优先地区无疑是最有效率的方法。近年来,山西省自然保护区在数量和面积上均有快速增长,但保护区在选址和规划建设时缺乏对整个保护区网络的科学评估。本研究采用累计筛选法得出在野生保护植物保护中应优先考虑的保护区,这6个保护区的累计保护贡献率即可涵盖28个保护区的全部保护物种。但是,该评价方法在运算过程中进行了两个假设:一是不考虑每个物种的差别,二是物种在一个保护区内存在就认为已受到有效保护。因此该筛选方法在实际运用时还存在局限性。另外,在评价保护区优先性时,本文只考虑了重点保护野生植物的信息,未能包含全部物种或者生境信息。在实际的自然保护区规划管理过程中,还需要综合区域内生态系统、特有物种、濒危物种以及社会经济等因素,从而实现对生物多样性的全面保护。

参考文献

- Bi RC (毕润成) (2009) *Scientific Research Report of Wulushan Nature Reserve in Shanxi* (山西省五鹿山自然保护区科学考察报告). China Science and Technology Press, Beijing. (in Chinese)
- Brooks TM, da Fonseca GAB, Rodrigues ASL (2004) Protected areas and species. *Conservation Biology*, **18**, 616–618.
- Chen YH (陈雅涵), Tang ZY (唐志尧), Fang JY (方精云) (2009) Distribution of nature reserves and status of biodiversity protection in China. *Biodiversity Science* (生物多样性), **17**, 664–674. (in Chinese with English abstract)
- Cui GF (崔国发) (2004) Special research fields and hot spots in science of nature reserves. *Journal of Beijing Forestry University* (北京林业大学学报), **26**, 102–105. (in Chinese with English abstract)
- Ge JW (葛继稳), Wu JQ (吴金清), Zhu ZQ (朱兆泉), Yang JY (杨敬元), Lei Y (雷耘) (1998) The present status and *in-situ* conservation of the rare and endangered plants in Hubei Province. *Chinese Biodiversity* (生物多样性), **6**, 220–228. (in Chinese with English abstract)
- Jenkins CN, Joppa L (2009) Expansion of the global terrestrial protected area system. *Biological Conservation*, **142**, 2166–2174.
- Jiang MK (蒋明康), Wang Z (王智), Qin WH (秦卫华), He ZH (贺昭和) (2006) Effectiveness of national priority wildlife protection in nature reserves. *Journal of Ecology and Rural Environment* (生态与农村环境学报), **22**, 35–38. (in Chinese with English abstract)
- Jiang MK (蒋明康), Wang Z (王智), Zhu GQ (朱广庆), Tao SM (陶思明), Zhou HL (周海丽) (2004) Chinese nature reserve classification standard based on IUCN protected area categories. *Rural Eco-Environment* (农村生态环境), **20**(2), 1–6. (in Chinese with English abstract)
- Joppa LN, Loarie SR, Pimm SL (2008) On the protection of “protected areas”. *Proceedings of National Academy of Sciences, USA*, **105**, 6673–6678.
- Lu JL (卢景龙) (2009) Rare and endangered plants in Lishan Nature Reserve, Shanxi and their conservation. *Journal of Shanxi University (Natural Science Edition)* (山西大学学报(自然科学版)), **32**, 483–486. (in Chinese with English abstract)
- Luan XF (栾晓峰), Zhou JH (周建华), Zhou N (周楠), Wu B (吴波), Li DQ (李迪强) (2009a) Preliminary assessment on management effectiveness of protected area in Northeast China. *Journal of Natural Resources* (自然资源学报), **24**, 567–576. (in Chinese with English abstract)
- Luan XF (栾晓峰), Huang WN (黄维妮), Wang XL (王秀磊), Liu MC (刘敏超), Liu SR (刘世荣), Wu B (吴波), Li DQ (李迪强) (2009b) Identification of hotspots and gaps for biodiversity conservation in Northeast China based on a systematic conservation planning methodology. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), **29**, 144–150. (in Chinese with English abstract)
- Ministry of Environmental Protection, PRC (中华人民共和国环境保护部) (2012) *Checklist of Nature Reserves of China* (全国自然保护区名录). http://sts.mep.gov.cn/zrbhq/zrbhq/201208/t20120824_235195.htm. (accessed August, 2012) (in Chinese)
- Olson DM, Dinerstein E (1998) The global 200: a representation approach to conserving the Earth's most biologically valuable ecoregions. *Conservation Biology*, **12**, 502–515.
- Ouyang ZY (欧阳志云), Wang XK (王效科), Miao H (苗鸿), Han NY (韩念勇) (2002) Problems of management system

- of China's nature preservation zones. *Science and Technology Review* (科技导报), **20**(1), 49–52. (in Chinese with English abstract)
- Pawar S, Koo MS, Kelley C, Ahmed MF, Chaudhuri S, Sarkar S (2007) Conservation assessment and prioritization of areas in Northeast India: priorities for amphibians and reptiles. *Biological Conservation*, **136**, 346–361.
- Qin WH (秦卫华), Jiang MK (蒋明康), Xu WG (徐网谷), He ZH (贺昭和) (2012) Assessment of *in situ* conservation of 1,334 native orchids in China. *Biodiversity Science* (生物多样性), **20**, 177–183. (in Chinese with English abstract)
- Sang WG, Ma KP, Axmacher JC (2011) Securing a future for China's wild plant resources. *BioScience*, **61**, 720–725.
- Shanxi Provincial People's Government (山西省人民政府) (2004) *List of Wild Plants under Provincial Protection in Shanxi (First Batch)* (山西省重点保护野生植物名录第一批). Shanxi Province People's Government Documents, Jin Zheng Fa [2004] No. 45. (in Chinese)
- State Forestry Administration and Ministry of Agriculture, PRC (国家林业局和农业部) (1999) *List of Wild Plants Under State Protection (First Batch)* (国家重点保护野生植物名录第一批). Decree No. 4. http://www.gov.cn/gongbao/content/2000/content_60072.htm. (in Chinese)
- Stem C, Margoluis R, Salafsky N, Brown M (2005) Monitoring and evaluation in conservation: a review of trends and approaches. *Conservation Biology*, **19**, 295–309.
- Tang ZY, Wang ZH, Zheng CY, Fang JY (2006) Biodiversity in China's mountains. *Frontiers in Ecology and the Environment*, **4**, 347–352.
- Turner WR, Wilcove DS, Swain HM (2006) Assessing the effectiveness of reserve acquisition programs in protecting rare and threatened species. *Conservation Biology*, **20**, 1657–1669.
- Wang S (汪松), Xie Y (解焱) (2004) *China Species Red List* (中国物种红色名录). Higher Education Press, Beijing. (in Chinese)
- Wang Z (王智), Jiang MK (蒋明康), Qin WH (秦卫华) (2007) Criteria for evaluation of priority biodiversity nature reserves of China. *Journal of Ecology and Rural Environment* (生态与农村环境学报), **23**, 93–96. (in Chinese with English abstract)
- Xue DY (薛达元), Jiang MK (蒋明康) (1995) Contribution of nature reserves of China to biodiversity conservation. *Journal of Natural Resources* (自然资源学报), **10**, 286–292. (in Chinese with English abstract)
- Yu H (喻泓), Zhang XS (张学顺), Yang XH (杨晓晖), Xiao SG (肖曙光), Luo JC (罗菊春), Cui GF (崔国发) (2007) A new category system of China nature reserves based on their attributes. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), **18**, 2289–2294. (in Chinese with English abstract)
- Yuan H (苑虎), Zhang YB (张殷波), Qin HN (覃海宁), Liu Y (刘燕), Yu M (喻梅) (2009) The *in situ* conservation of state key protected wild plants in national nature reserves in China. *Biodiversity Science* (生物多样性), **17**, 280–287. (in Chinese with English abstract)
- Zhang J (张军), Tian SW (田随味), Wei QH (魏清华), Zhang R (张蕊) (2004) Investigation and analysis of wild plants in Manghe Nature Reserve. *Shanxi Forestry Science and Technology* (山西林业科技), **4**, 27–29. (in Chinese with English abstract)
- Zhang YB (张殷波), Yan RF (闫瑞峰), Yuan H (苑虎), Li M (李明) (2010) Construction and management measures of nature reserves in Shanxi. *Journal of Shanxi University (Natural Science Edition)* (山西大学学报(自然科学版)), **33**, 625–630. (in Chinese with English abstract)
- Zhang YB (张殷波), Zhang XL (张晓龙), Lu YM (卢怡萌), Li M (李明) (2013) Resource and floristic characteristics of the key protection wild plants in Shanxi. *Bulletin of Botanical Research* (植物研究), **33**(1), 18–23. (in Chinese with English abstract)
- Zhao SQ, Fang JY (2006) Patterns of species richness for vascular plants in China's nature reserves. *Diversity and Distributions*, **12**, 364–372.

(责任编辑: 陈圣宾 责任编辑: 周玉荣)