

江西庐山国家级自然保护区珍稀濒危植物优先保护定量研究

万加武^{1,2}, 夏海林², 周赛霞¹, 张丽¹, 彭焱松^{1*}

(1. 江西省中国科学院庐山植物园, 江西 庐山 332999; 2. 江西农业大学生物科学与工程学院, 南昌 330045)

摘要: 为制定江西庐山国家级自然保护区珍稀濒危植物的保护策略, 采用濒危系数、遗传系数及物种价值系数等评价指标对 58 种珍稀植物的濒危程度和优先保护顺序进行评估。结果表明, 自然保护区珍稀植物的综合评价价值(VS)为 0.153~0.742, 濒危等级为安全的 11 种, 占该区珍稀保护植物总数的 19%; 稀有的 28 种(48%); 渐危的 18 种(31%); 濒危的 1 种(2%)。优先保护顺序为 I 级的 8 种, 占该区珍稀保护植物总数的 14%, 急需保护; II 级的 22 种(38%), 需要保护; III 级的 23 种(40%), 可以一般保护; IV 级的 5 种(8%), 较为安全。生境破坏和人为干扰是该区珍稀植物保护面临的主要威胁。

关键词: 珍稀濒危植物; 濒危等级; 植物保护; 庐山国家级自然保护区

doi: 10.11926/jtsb.3947

Quantitative Study on Conservation Priority of Rare and Endangered Plants in Lushan National Nature Reserve, Jiangxi

WAN Jia-wu^{1,2}, XIA Hai-lin², ZHOU Sai-xia¹, ZHANG Li¹, PENG Yan-song^{1*}

(1. *Lushan Botanical Garden, Jiangxi Province and Chinese Academy of Sciences, Lushan 332999, Jiangxi, China*; 2. *College of Bioscience and Bioengineering, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China*)

Abstract: In order to make protection strategies of rare and endangered plants in Lushan National Nature Reserve, the endangered grade and conservation priority of 58 rare and endangered species were evaluated with indexes, such as endangered coefficient, genetic coefficient and species value coefficient. The results showed that the comprehensive evaluation value (VS) of rare and endangered plants in Lushan Nature Reserve ranged from 0.153 to 0.742. There were 11 species with safe grade, accounting for 19% of the total of rare and endangered plants in this area; 28 species fall into rare species for 48%; 18 species for 31% were listed in vulnerable species; and the endangered species had 1 species for 2%. Among those, 8 species were assessed as the first conservation class, accounting for 14% of the total of rare and endangered species, and 22, 23 and 5 species belong to the second, the third and the fourth conservation class, accounting for 38%, 40% and 8%, respectively, there were not rare and endangered species. So, it was concluded that the habitat destruction and human disturbance were the main threats to rare and endangered plants of the region.

Key words: Rare and endangered plant; Endangered grade; Plant protection; Lushan National Nature Reserve

物种之间的关系是紧密相联而非孤立存在的, 一种物种的消失必然会导致与其相关物种受到已

知或潜在的影响^[1]。这是因为种群空间格局决定了种群之间的竞争势及其空间生态位, 在很大程度上

收稿日期: 2018-05-15 接受日期: 2018-07-23

基金项目: 国家科技基础性工作专项重点项目(2013FY111500); 中国科学院科技服务网络计划(KFJ-3W-No1); 江西省科研基础条件和能力建设(2017ZDD01002)资助

This work was supported by the National Basic Research Program of China (Grant No. 2013FY111500); the STS Program of the Chinese Academy of Sciences (Grant No. KFJ-3W-No1); and the Project for Scientific Infrastructure and Capacity Building of Jiangxi Province (Grant No. 2017ZDD01002).

作者简介: 万加武(1995~), 男, 研究方向为生态学。E-mail: 1972383080@qq.com

* 通信作者 Corresponding author. E-mail: 454260156@qq.com

决定了群落的稳定性、发展方向及其关联程度^[2]。随着经济的发展、人类活动的干扰及开发利用、落后的生产和生活观念以及全球气候变化,植物面临着越来越多的威胁。目前世界上约 250 000 种维管束植物中预计有 10% 左右的种类处于稀有或受严重威胁状态^[3]。同时研究表明,随着 1 个物种的消失,就有 10~30 个物种受到不同程度的威胁^[4]。不少珍稀植物已濒临灭绝,这对于全球生态系统和人类本身生存都是巨大的威胁,所以对珍稀濒危野生植物进行重点保护的重要性不言而喻^[5-6]。

自国际自然保护联盟(IUCN)发布《世界自然保护大纲》最先提出优先保护顺序的方法以来,关于植物优先保护的研究越来越多^[7-9]。但实际上,即使在一些开展过保护重点优先的地区,由于各种原因存在保护效率低下的问题,从保护主义者的观点来看,没有受到威胁的物种应该减小其保护力度,可以将有限的资源优先用于那些最需要进行研究保护的植物。因此,进行珍稀濒危植物的优先保护和评定保护级别就显得至关重要^[10]。

科学建立评价生物物种受威胁程度的指标体系是制定有针对性的保护措施的前提,依据物种受威胁程度和灭绝风险将物种列为不同的濒危等级,可以唤起人们对珍稀濒危植物生存现状的关注以及为政府制定相应的保护法规和保护措施、科学家进行物种濒危现状和生物多样性研究提供数据^[11]。目前,国际和国内有许多濒危物种等级的划分标准,国际自然保护联盟(International Union for Conservation of Nature, IUCN)濒危物种红色名录等级标准,将物种威胁类别分为:极危(CR)、濒危(EN)和易危(VU),这些简单而易于接受的等级划分标准,得到了国际的广泛承认^[11-12],并由自然保护联盟于 2000 年后全面实施^[13]。近年来,在世界自然保护联盟和其他许多政府和非政府机构的出版物和名录中广泛应用,并且促进了濒危物种保护及其相应措施的制定^[13-16]。我国随后陆续制定了《国家重点保护野生植物名录》、《中国珍稀濒危植物名录》、《中国植物红皮书》等一系列名录^[17]。

庐山的生物多样性极为丰富,经调查,庐山有高等植物 2 475 种,约占江西省高等植物总种数的 48.4%;其中苔藓植物 67 科 159 属 336 种,约占全省种数的 59.7%;蕨类植物 39 科 86 属 294 种,约占 67.6%;裸子植物 5 科 8 属 11 种,约占 35.5%;被子植物 158 科 1 834 种,约占 44.8%^[18]。目前,

在庐山开展珍稀濒危植物的研究较多^[19-20],但全面开展珍稀濒危植物优先保护的定量研究还未见报道。本研究以庐山地区重点保护的 58 种植物为研究对象,从濒危系数、遗传系数、物种价值系数 3 个方面对其进行定量分析,确定其优先保护顺序,为制定珍稀濒危植物的保护顺序提供科学依据。

1 保护区概况

庐山国家级自然保护区位于江西省北部,北临长江,东临鄱阳湖,地理坐标为 115°52'~116°8' E, 29°26'~29°41' N,最高峰汉阳峰海拔达 1 474 m^[21]。庐山夏季凉爽,冬季寒冷,多雨多雾,最高温为 32℃,极端低温为-16.8℃,全年平均气温为 11.4℃,年均降雨量达 1 917 mm^[22]。庐山土壤垂直分布规律明显,海拔 400 m 以下广泛分布着红壤和黄壤,海拔 400~900 m 分布着一类带有明显富铝化特征的山地黄壤,海拔 900~1 100 m 分布着拥有山地黄壤特征,又带有山地棕壤性质的山地黄棕壤,海拔 1 200 m 以上分布着山地棕壤^[23]。保护区植被为热带常绿阔叶林向暖温带落叶阔叶林过渡类型,植被垂直分布差异显著,海拔 700 m 以下为常绿阔叶林,海拔 700~1 000 m 为常绿、落叶阔叶混交林,海拔 1 000 m 以上为落叶阔叶林,海拔 1 300 m 以上为次生灌丛和山地草甸^[24-25]。

2 方法

2.1 珍稀濒危保护植物的选择

通过野外调查并参考历史调查资料,整理出庐山维管植物名录。根据 IUCN 物种红色名录濒危等级(CR、EN 和 VU)、《江西省珍稀濒危植物》、《国家重点保护野生植物名录(第一批)》、《中国珍稀濒危保护植物名录(第一册)》和《中国植物红皮书(第一册)》确定庐山国家级自然保护区共有野生珍稀濒危植物 67 种,隶属 38 科 59 属^[26]。本次研究选取其中具有代表性的珍稀濒危植物 58 种,隶属于 34 科 54 属(表 1);其中,国家重点保护野生植物 11 种(I 级 1 种,同时为省 I 级;II 级 10 种);江西省级保护植物 54 种(一级 15 种,其中 5 种为国家重点;二级 12 种,其中 2 种为国家重点;三级 27 种)。

2.2 濒危系数

濒危系数体现了某种植物在自然分布状态下

表1 庐山野生重点保护植物

Table 1 List of Lushan wild protected plants

植物 Species	生境 Habitat	数量 Number	保护价值 Conservation value	保护级别 Conservation class
狭叶瓶尔小草 <i>Ophioglossum thermal</i>	山坡水沟边 Gully	<50 株, 濒于灭绝 <50, extinct	科研 Research	1
水蕨 <i>Ceratopteris t halictroides</i>	水沟边 Ditch	极少, 濒于灭绝 Rare, extinct	药用, 科研 Medicinal, research	II, 2
银杏 <i>Ginkgo biloba</i>	300~1 000 m 的山麓 Foothill at 300-1 000 m	>50	古老子遗种 Ancient relic species	1
金钱松 <i>Pseudolarix kaempferi</i>	落叶阔叶林和针阔混交林 Deciduous broad-leaved forest and mixed broadleaf- conifer forest	<10	观赏, 科研 Ornamental, research	1
南方红豆杉 <i>Taxus wallichiana var. mairei</i>	混交林 Mixed forest	5	药用, 科研 Medicinal, research	I, 1
青檀 <i>Pteroceltis tatarinowii</i>	丘陵阔叶林 Broad-leaved forest in hill	5	材用 Wood	2
榉树 <i>Zelkova serrata</i>	阔叶林中或林缘 Broad-leaved forest or border	>20	材用 Wood	II, 1
连香树 <i>Cercidiphyllum japonicum</i>	落叶阔叶林, 毛竹林 Deciduous broad- leaved forest, bamboo forest	2	观赏, 科研 Ornamental, research	1
金荞麦 <i>Fagopyrum dibotrys</i>	500~1 200 m 阴湿地或水沟边 Damp ground or ditch at 500-1 200 m	较多 More	药用, 科研 Medicinal, research	II, 2
八角莲 <i>Dysosma versipellis</i>	阔叶林 Broad-leaved forest	较少 Less	药用 Medicinal	2
鹅掌楸 <i>Liriodendron chinense</i>	500 m 以上山地阔叶林 Mountain broad-leaved forest above 500 m	4	观赏, 科研 Ornamental, research	1
凹叶厚朴 <i>Houpoa officinalis</i> 'Biloba'	300 m 以上阔叶林 Broad-leaved forest above 300 m	较多 More	药用, 科研 Medicinal, research	2
樟树 <i>Cinnamomum camphora</i>	山坡沟谷, 村旁 Slopes in valley, near village	广布 Widespread	观赏 Ornamental	II, 1
杜仲 <i>Eucommia ulmoides</i>	山谷沟边 Ditch in valley	濒于灭绝 Extinct	药用 Medicinal	1
野大豆 <i>Glycine soja</i>	沟边、菜地边 Ditch, vegetable side	多 Much	科研 Research	1
花榈木 <i>Ormosia henryi</i>	山地阔叶林 Mountain broad-leaved forest	少 Few	观赏, 科研 Ornamental, research	II, 1
瘿椒树 <i>Tapiscia sinensis</i>	500~800 m 山谷溪流边 Rivulet at 500-800 m	较少 Less	观赏, 科研 Ornamental, research	1
紫茎 <i>Stewartia sinensis</i>	800 m 以上 Above 800 m	多 Much	观赏, 科研 Ornamental, research	2
香果树 <i>Emmenopterys henryi</i>	600~900 m 沟谷阔叶林 Ravine broad-leaved forest at 600-900 m	>400	观赏, 科研 Ornamental, research	1
喜树 <i>Camptotheca acuminata</i>	寺庙保育林 Conservation forest in temple	>500	药用 Medicinal	II, 1
莲 <i>Nelumbo nucifera</i>	湖塘池沼 Pond	多 Much	食用, 观赏 Edible, ornamental	II
贵州萍蓬草 <i>Nuphar bornetii</i>	湖塘池沼 Pond	较多 More	观赏 Ornamental	II
野菱 <i>Trapa incise</i>	池塘 Pond	多 Much	食用 Edible	II
中华结缕草 <i>Zoysia sinica</i>	湖滨, 河堤 Lakeside, river wall	多 Much	草坪和牧草 Grass and forage	II
独花兰 <i>Changnienia amoena</i>	落叶阔叶林 Deciduous broad-leaved forest	>100	科研 Research	1
天麻 <i>Gastrodia elata</i>	阔叶林下 Under broad-leaved forest	较少, 濒于灭绝 Less, extinct	药用 Medicinal	2
铁皮石斛 <i>Dendrobium officinale</i>	岩石上 On the rock	极少, 濒于灭绝 Rare, extinct	药用 Medicinal	2
柳杉 <i>Cryptomeria japonica</i> var. <i>sinensis</i>	800 m 以上沟谷山坡 Gully slope above 800 m	古树 Old tree	造林 Afforestation	3
三尖杉 <i>Cephalotaxus fortune</i>	200 m 以上沟谷山坡 Gully slope above 200 m	较多 More	药用 Medicinal	3
粗榧 <i>Cephalotaxus sinensis</i>	600 m 以上林缘溪流边 Stream side of forest edge above 600 m	较多 More	药用 Medicinal	3
草珊瑚 <i>Sarcandra glabra</i>	常绿阔叶林下 Under evergreen broad-leaved forest	稀少 Rare	药用 Medicinal	3

续表(Continued)

植物 Species	生境 Habitat	数量 Number	保护价值 Conservation value	保护级别 Conservation class
野核桃 <i>Juglans mandshurica</i>	落叶阔叶林 Deciduous broad-leaved forest	较多 More	经济林木 Economic forest	3
青钱柳 <i>Cyclocarya paliurus</i>	700 m 以上山地阔叶林中 broad-leaved forest above 700 m	大树 30 余株 Big tree more than 30	药用, 观赏 Medicinal, ornamental	3
玉兰 <i>Yulania denudata</i>	阔叶林、沟谷林缘或房屋边 Broad-leaved forest, gully at forest edge or house side	多 Much	观赏 Ornamental	3
乳源木莲 <i>Manglietia fordiana</i>	阔叶林缘 Broad-leaved forest edge	2	观赏 Ornamental	3
华中五味子 <i>Schisandra sphenanthera</i>	山坡灌丛或阔叶林缘 Shrub in hillslope or broad-leaved forest edge	广布 Widespread	药用 Medicinal	3
细叶香桂 <i>Cinnamomum subavenium</i>	常绿阔叶林 Evergreen broad-leaved forest	较多 More	材用 Wood	3
豹皮樟 <i>Litsea coreana</i> var. <i>sinensis</i>	常绿阔叶林 Evergreen broad-leaved forest	较多 More	材用 Wood	3
红楠 <i>Machilus thunbergii</i>	常绿阔叶林 Evergreen broad-leaved forest	较少 less	材用 Wood	3
牛鼻栓 <i>Fortunearia sinensis</i>	阔叶林缘 Broad-leaved forest edge	少 Few	特殊用材 Special material	3
黄檀 <i>Dalbergia hupeana</i>	山地阔叶林、针阔混交林 Mountain broad-leaved forest, mixed broadleaf-conifer forest	多 Much	特殊用材 Special material	3
香槐 <i>Cladrastis wilsonii</i>	阔叶林 Broad-leaved forest	少 Few	材用 Wood	3
黄连木 <i>Pistacia chinensis</i>	500 m 以下阔叶林 Broad-leaved forest below 500 m	多 Much	材用 Wood	3
省沽油 <i>Staphylea bumalda</i>	沟谷边阔叶林 Broad-leaved forest beside gully	少 Few	观赏 Ornamental	3
秃瓣杜英 <i>Elaeocarpus glabripetalus</i>	阔叶林缘 Broad-leaved forest edge	较多 More	观赏 Ornamental	2
天目紫茎 <i>Stewartia gemmate</i>	800 m 以上落叶林 Deciduous forest above 800 m	较多 More	观赏 Ornamental	3
蓝果树 <i>Nyssa sinensis</i>	山坡阔叶林 Broad-leaved forest in hillside	较多 More	材用 Wood	3
竹节参 <i>Panax japonicus</i>	落叶阔叶林下灌丛 Brush in deciduous broad-leaved forest	极少, 濒于灭绝 Rare, extinct	药用 Medicinal	3
刺楸 <i>Kalopanax septemlobus</i>	600 m 以上落叶林 Deciduous forest above 600 m	较少 Less	药用 Medicinal	2
白花前胡 <i>Peucedanum praeruptorum</i>	800 m 以上山坡草丛 Grass in hillside above 800 m	多 Much	药用 Medicinal	3
明党参 <i>Changium smyrnioides</i>	荒山草坡 Grass slope in barren hill	多 Much	药用 Medicinal	3
云锦杜鹃 <i>Rhododendron fortune</i>	800 m 以上林缘溪流边 Stream side at forest edge above 800 m	多 Much	观赏 Ornamental	3
条叶龙胆 <i>Gentiana manshurica</i>	山坡草丛 Grass in hillside	较少 Less	药用 Medicinal	3
天门冬 <i>Asparagus cochinchinensis</i>	丘陵, 山坡林缘 Hill, forest edge in hillside	多 Much	药用 Medicinal	3
七叶一枝花 <i>Paris polyphylla</i>	落叶阔叶林 Deciduous broad-leaved forest	较多 More	药用 Medicinal	2
方竹 <i>Chimonobambusa quadrangularis</i>	方竹庵 Fangzhu temple	少 Few	观赏 Ornamental	3
短萼黄连 <i>Coptis chinensis</i> var. <i>brevise-pala</i>	500 m 左右林下溪流边 Stream side under forest about 500 m	极少, 濒于灭绝 Rare, extinct	药用 Medicinal	2
猴欢喜 <i>Sloanea sinensis</i>	常绿阔叶林 Evergreen broad-leaved forest	2	材用 Wood	3

I, II: 国家 I, II 级; 1~3: 江西省 1~3 级。

I, II: I, II class of China; 1-3: 1-3 class in Jiangxi.

种群的濒危程度, 根据国内分布频度、保护区内分布频度、保护区内现存多度、种群结构、潜在人为破坏、管理人员影响等指标进行定量评价^[9,27]。国内分布频度划分为仅在 1、2~3、4~6、7~10 和 11 省以上分布, 分别赋 5、4、3、2 和 1 分; 保护区

内分布频度划分为在 1~2、3~5、6~10、11~15 和 16 地以上分布, 分别赋 5、4、3、2 和 1 分; 木本植物(草本植物)在保护区内现存多度划分为 1~100 (1~1 000)、101~1 000 (1001~10 000)、1 001~5 000 (10 001~50 000)、5 001~10 000 (50 001~100 000)

和 10 000 (100 000)株以上, 分别赋 5、4、3、2 和 1 分; 种群结构划分为极度衰退型、衰退型、间歇型和稳定型, 分别赋 4、3、2 和 1 分; 潜在人为破坏状况划分为需求量大且无人工栽培、需求量大有少量人工栽培、人工栽培广泛或经济价值较小和尚未被利用, 分别赋 4、3、2 和 1 分; 专业人员管理素质包括 3 种情况: 不认识该植物, 未给该植物取名或存在同名异物或同物异名现象、认识该植物但普遍不知其为保护植物, 对其在保护区内分布现状知之甚少、对该植物有较全面的认识, 分别赋 3、2 和 1 分。然后计算濒危系数(Ct)^[28-29]:

$$Ct = \sum_{i=1}^6 X_i / \sum_{i=1}^6 Max_i$$

式中, X_i 为评价指标实际得分, Max_i 为评价指标最高得分。参考《世界物种红色名录濒危等级和标准》, 并结合我国实际情况, 对植物濒危程度进行评价: $Ct \geq 0.90$ 表示极危, $Ct=0.80\sim 0.90$ 为濒危, $Ct=0.60\sim 0.7999$ 为易危, $Ct=0.40\sim 0.5999$ 为稀有, $Ct < 0.4$ 为安全^[27]。

2.3 遗传价值系数

遗传价值系数(Cg)是衡量濒危植物潜在遗传价值的定量评价指标。遗传价值系数根据种型情况和特有情况计算, 种型情况划分为单型科种(科仅 1 属 1 种)、少型科种(科只含 2~3 种)、单型属种(属仅 1 种)、少型属种(属含 2~3 种)和多型属种(属含 4 种以上), 分别赋 5、4、3、2 和 1 分; 特有情况划分为保护区特有、省特有、区域特有(2~4 省连续分布)、中国特有和非中国特有, 分别赋 5、4、3、2 和 1 分。计算公式为:

$$Cg = \sum_{i=1}^2 X_i / \sum_{i=1}^2 Max_i$$

式中, X_i 为评价指标实际得分, Max_i 为评价指标最高得分^[30]。

2.4 物种价值系数

物种价值系数是表示某种植物在经济、社会、生态、科研、观赏等方面的价值, 主要指其被人们认识并开发利用或正待开发利用的价值, 如用材、绿化、药材、观赏、食用和科研等方面的价值, 包括学术价值、生态价值、经济价值、美学观赏价值等^[31]。学术价值划分为子遗植物, 在研究古植物区系和系统发育等方面有重要的科学价值、非子遗植物, 但有一定学术价值和无明显学术价值, 分别赋

3、2 和 1 分; 生态价值划分为建群种、共建种、优势种、亚优势种和其他, 分别赋 5、4、3、2 和 1 分; 经济价值划分为珍贵的经济植物、有一定价值的植物和无特殊用途的植物, 分别赋 3、2 和 1 分; 美学观赏价值划分为具极高、较高、中等绿化观赏价值、无特殊用途的乔灌木和草本, 分别赋 5、4、3、2 和 1 分。物种价值系数计算公式为:

$$Cs = \sum_{i=1}^4 X_i / \sum_{i=1}^4 Max_i$$

式中, X_i 为评价指标实际得分, Max_i 为评价指标最高得分。

2.5 珍稀植物优先保护值

将濒危系数、遗传价值系数和物种价值系数分别赋予相应的权重, 然后计算珍稀植物的优先保护值, 从而确定优先保护顺序。优先保护值 $V_s=60\%Ct+20\%Cg+20\%Cs$, $V_s=0.625\sim 1.00$ 为 I 级优先保护, $V_s=0.500\sim 0.6249$ 为 II 级优先保护, $V_s=0.350\sim 0.4999$ 为 III 级优先保护, $V_s \leq 0.3499$ 为 IV 级优先保护^[32]。

3 结果和分析

3.1 评价指标分析

依据庐山国家自然保护区珍稀濒危保护植物优先保护定量研究评价指标体系和综合评价方法, 计算出庐山国家级自然保护区 58 种珍稀濒危保护植物的物种价值系数、遗传价值系数、濒危系数及优先保护值(表 2), 并依据《世界物种红色名录濒危等级和标准》和我国对植物濒危级别的划分, 对植物濒危程度和优先保护顺序进行评价分析^[33]。

3.2 濒危程度分析

依据濒危系数(表 2)可知, 庐山国家自然保护区珍稀濒危保护植物中处于安全范围的珍稀植物有 11 种, 占总数的 19%, 有野大豆(*Glycine soja*)、黄檀(*Dalbergia hupeana*)、金荞麦(*Fagopyrum dibotrys*)、香果树(*Emmenopterys henryi*)、华中五味子(*Schisandra sphenanthera*)、中华结缕草(*Zoysia sinica*)、野菱(*Trapa incise*)、三尖杉(*Cephalotaxus fortune*)、莲(*Nelumbo nucifera*)、喜树(*Camptotheca acuminata*)和青钱柳(*Cyclocarya paliurus*); 稀有的有 28 种, 占 48%, 有红楠(*Machilus thunbergii*)、蓝果树(*Nyssa sinensis*)、细叶香桂(*Cinnamomum subavenium*)、青

表 2 庐山国家级自然保护区珍稀濒危保护植物综合评价

Table 2 Comprehensive assessment of rare and endangered plants in Lushan Nature Reserve

植物 Species	FC	FA	AA	AS	HF	ML	Ct	ST	EN	Cg	LV	EV	ECV	AAV	Cs	VS
1 青檀 <i>Pteroceltis tatarinowii</i>	1	3	4	1	1	2	0.46	3	2	0.63	3	2	3	2	0.56	0.153
2 瘿椒树 <i>Tapiscia sinensis</i>	2	3	4	1	3	2	0.58	2	2	0.50	2	4	2	2	0.56	0.211
3 野大豆 <i>Glycine soja</i>	1	1	2	1	1	2	0.31	1	1	0.25	1	5	2	1	0.50	0.335
4 黄檀 <i>Dalber ghahupeana</i>	1	1	2	1	1	2	0.31	1	1	0.25	1	3	2	3	0.50	0.335
5 金荞麦 <i>Fagopyrum dibotrys</i>	1	1	2	1	1	2	0.31	1	1	0.25	1	5	3	1	0.56	0.346
6 华中五味子 <i>Schisandra sphenanthera</i>	1	1	1	1	3	2	0.35	1	1	0.25	1	3	2	3	0.50	0.358
7 中华结缕草 <i>Zoysia sinica</i>	2	1	1	1	3	1	0.35	1	1	0.25	1	5	1	3	0.56	0.369
8 野菱 <i>Trapa incise</i>	2	3	2	1	1	1	0.38	1	1	0.25	1	5	1	2	0.50	0.381
9 红楠 <i>Machilus thunbergii</i>	2	1	4	1	1	2	0.42	1	1	0.25	3	2	2	3	0.56	0.415
10 三尖杉 <i>Cryptomeria fortune</i>	1	1	3	2	2	1	0.38	1	2	0.38	3	2	2	3	0.56	0.417
11 香果树 <i>Emmenopterys henryi</i>	1	1	3	1	1	1	0.31	2	2	0.50	3	4	2	3	0.67	0.418
12 蓝果树 <i>Nyssa sinensis</i>	1	1	3	1	3	2	0.42	1	1	0.25	3	3	2	3	0.61	0.426
13 莲 <i>Nelumbo nucifera</i>	1	1	2	3	2	1	0.38	2	1	0.38	3	1	3	4	0.61	0.428
14 豹皮樟 <i>Litsea coreana</i>	5	1	3	1	1	2	0.50	1	1	0.25	1	2	2	3	0.44	0.439
15 黄连木 <i>Pistacia chinensis</i>	1	1	3	3	3	2	0.50	1	1	0.25	1	3	2	3	0.50	0.450
16 细叶香桂 <i>Cinnamomum subavenium</i>	1	1	3	1	3	2	0.43	1	1	0.25	3	3	3	4	0.72	0.454
17 条叶龙胆 <i>Gentiana manshurica</i>	1	2	4	3	1	2	0.50	1	1	0.25	3	1	2	4	0.56	0.461
18 紫茎 <i>Stewartia sinensis</i>	3	1	4	1	3	2	0.54	1	1	0.25	1	3	2	2	0.44	0.462
19 香槐 <i>Cladrastis wilsonii</i>	1	3	5	2	1	2	0.54	1	1	0.25	1	2	2	3	0.44	0.462
20 玉兰 <i>Yulania denudata</i>	3	1	3	1	3	1	0.46	1	1	0.25	3	4	2	4	0.72	0.471
21 野核桃 <i>Juglans mandshurica</i>	2	1	3	3	3	2	0.54	1	1	0.25	1	3	2	3	0.50	0.473
22 白花前胡 <i>Peucedanum praeruptorum</i>	1	1	4	2	3	2	0.50	1	2	0.38	3	1	2	3	0.50	0.475
23 喜树 <i>Camptotheca acuminata</i>	1	1	3	1	3	1	0.38	3	2	0.63	3	3	2	3	0.61	0.478
24 榉树 <i>Zelkova serrata</i>	1	2	3	1	3	2	0.46	1	1	0.25	3	4	3	4	0.78	0.483
25 樟树 <i>Cinnamomum camphora</i>	1	5	2	1	2	1	0.46	1	1	0.25	2	5	3	4	0.78	0.483
26 方竹 <i>Chimonobambusa quadrangularis</i>	2	1	4	1	3	1	0.46	1	1	0.25	3	5	2	4	0.78	0.483
27 天门冬 <i>Asparagus cochinchinensis</i>	1	1	4	3	3	2	0.54	1	1	0.25	3	1	2	4	0.56	0.484
28 牛鼻栓 <i>Fortunearia sinensis</i>	2	3	3	2	1	2	0.50	3	1	0.50	1	2	2	3	0.44	0.489
29 鹅掌楸 <i>Liriodendron chinense</i>	1	1	4	2	3	1	0.46	2	1	0.38	5	1	3	5	0.78	0.508
30 凹叶厚朴 <i>Houpoea officinalis</i>	2	1	3	2	3	1	0.46	1	2	0.38	5	1	3	5	0.78	0.508
31 云锦杜鹃 <i>Rhododendron fortune</i>	1	3	3	1	3	2	0.50	1	2	0.38	3	3	2	4	0.67	0.508
32 粗榧 <i>Cephalotaxus sinensis</i>	3	2	3	2	2	2	0.54	1	2	0.38	3	2	2	3	0.56	0.509
33 秃瓣杜英 <i>Elaeocarpus glabripetalus</i>	2	1	3	4	3	2	0.58	1	2	0.38	1	2	2	3	0.44	0.510
34 省沽油 <i>Staphylea bumalda</i>	1	3	5	3	1	3	0.62	1	2	0.38	1	1	2	2	0.33	0.511
35 青钱柳 <i>Cyclocarya paliurus</i>	1	1	3	1	3	1	0.38	3	2	0.63	3	4	3	4	0.78	0.511
36 花榈木 <i>Ormosia henryi</i>	2	1	5	2	3	2	0.58	1	1	0.25	2	1	3	5	0.61	0.518
37 草珊瑚 <i>Sarcandra glabra</i>	1	1	4	3	3	2	0.54	2	1	0.38	3	2	3	3	0.61	0.520
38 猴欢喜 <i>Sloanea sinensis</i>	2	1	5	3	3	2	0.62	1	1	0.25	3	2	2	4	0.61	0.542
39 天麻 <i>Gastrodia elata</i>	2	3	4	4	3	2	0.70	1	1	0.25	1	1	3	3	0.44	0.554
40 南方红豆杉 <i>Taxus wallichiana</i> var. <i>mairei</i>	2	1	5	3	3	1	0.58	1	2	0.38	5	1	3	3	0.67	0.555
41 水蕨 <i>Ceratopteris thalictroides</i>	1	2	5	4	1	3	0.62	1	1	0.25	5	1	2	5	0.72	0.564
42 七叶一枝花 <i>Paris polyphylla</i>	3	4	3	3	3	1	0.65	1	1	0.25	3	1	3	4	0.61	0.565
43 刺楸 <i>Kalopanax septemlobus</i>	1	2	4	3	3	2	0.58	3	1	0.50	3	2	2	4	0.61	0.568
44 贵州萍蓬草 <i>Nuphar bornetii</i>	4	5	2	3	2	1	0.65	1	2	0.38	3	1	2	4	0.56	0.578
45 短萼黄连 <i>Coptis chinensis</i> var. <i>brevisepala</i>	3	2	5	4	3	2	0.73	1	1	0.25	3	1	3	3	0.56	0.600
46 明党参 <i>Changium smyrnioides</i>	4	5	2	1	1	2	0.58	3	2	0.63	3	4	2	3	0.67	0.605
47 狭叶瓶尔小草 <i>Ophioglossum thermal</i>	2	4	4	4	1	3	0.69	1	1	0.25	5	1	2	5	0.72	0.610
48 乳源木莲 <i>Manglietia fordiana</i>	3	2	5	3	3	3	0.73	1	1	0.25	3	3	2	4	0.67	0.622
49 铁皮石斛 <i>Dendrobium officinale</i>	3	4	5	4	3	2	0.81	1	1	0.25	1	1	3	3	0.44	0.624

续表(Continued)

植物 Species	FC	FA	AA	AS	HF	ML	Ct	ST	EN	Cg	LV	EV	ECV	AAV	Cs	VS
50 八角莲 <i>Dysosma versipellis</i>	1	3	5	4	3	2	0.69	0	2	0.38	3	1	3	5	0.67	0.624
51 独花兰 <i>Changnienia amoena</i>	2	2	5	4	1	3	0.65	3	2	0.63	1	1	3	5	0.56	0.628
52 竹节参 <i>Panax japonicus</i>	1	2	5	4	4	3	0.73	1	2	0.38	3	1	3	4	0.61	0.636
53 天目紫茎 <i>Stewartia gemmate</i>	4	2	4	3	3	3	0.73	1	3	0.50	3	2	2	3	0.56	0.650
54 柳杉 <i>Cryptomeria japonica</i> var. <i>sinensis</i>	4	3	4	3	3	2	0.73	2	3	0.63	3	1	2	3	0.50	0.664
55 金钱松 <i>Pseudolarix kaempferi</i>	2	4	5	2	3	1	0.65	3	2	0.63	5	1	3	5	0.78	0.673
56 银杏 <i>Ginkgo biloba</i>	5	5	3	2	2	1	0.69	5	1	0.75	5	1	3	5	0.78	0.721
57 杜仲 <i>Eucommia ulmoides</i>	2	5	4	4	2	2	0.73	5	2	0.88	2	1	3	4	0.56	0.725
58 连香树 <i>Cercidiphyllum japonicum</i>	2	5	5	3	4	1	0.77	4	1	0.63	5	1	3	5	0.78	0.742

FC: 国内分布频度; FA: 保护区内分布频度; AA: 保护区内现存多度; AS: 种群结构; HF: 潜在的人为破坏; ML: 专业人员管理素质; Ct: 濒危系数; ST: 种型; EN: 特有情况; Cg: 遗传价值系数; LV: 学术价值; EV: 生态价值; ECV: 经济价值; AAV: 美学观赏价值; Cs: 物种价值系数; VS: 综合评价价值。

FC: Distribution province in China; FA: Distribution places in Reserve; AA: Abundance in Reserve; AS: Population structure; HF: Human damage status; ML: Management level; Ct: Endangered coefficient; ST: Species type; EN: Endemic; Cg: Genetic value coefficient; LV: Academic value; EV: Ecological value; ECV: Economic value; AAV: Aesthetic ornamental value; Cs: Species value coefficient; VS: Comprehensive evaluation value.

檀(*Pteroceltis tatarinowii*)、玉兰(*Yulania denudata*)、榉树(*Zelkova serrata*)、樟树(*Cinnamomum camphora*)、方竹(*Chimonobambusa quadrangularis*)、鹅掌楸(*Liriodendron chinense*)、凹叶厚朴(*Houpoea officinalis* ‘*Biloba*’)、豹皮樟(*Litsea coreana* var. *sinensis*)、黄连木(*Pistacia chinensis*)、条叶龙胆(*Gentiana manshurica*)、白花前胡(*Peucedanum praeruptorum*)、牛鼻栓(*Fortunearia sinensis*)、云锦杜鹃(*Rhododendron fortune*)、紫茎(*Stewartia sinensis*)、香槐(*Cladrastis wilsonii*)、野核桃(*Juglans mandshurica*)、天门冬(*Asparagus cochinchinensis*)、粗榧(*Cephalotaxus sinensis*)、草珊瑚(*Sarcandra glabra*)、瘿椒树(*Tapiscia sinensis*)、秃瓣杜英(*Elaeocarpus glabripetalus*)、花榈木(*Ormosia henryi*)、南方红豆杉(*Taxus wallichiana* var. *mairei*)、刺楸(*Kalopanax septemlobus*)和明党参(*Changium smyrnioides*)；易危的有 18 种，占 31%，有省沽油(*Staphylea bumalda*)、猴欢喜(*Sloanea sinensis*)、水蕨(*Ceratopteris thalictroides*)、七叶一枝花(*Paris polyphylla*)、贵州萍蓬草(*Nuphar bornetii*)、独花兰(*Changnienia amoena*)、金钱松(*Pseudolarix kaempferi*)、天麻(*Gastrodia elata*)、狭叶瓶尔小草(*Ophioglossum thermal*)、八角莲(*Dysosma versipellis*)、银杏(*Ginkgo biloba*)、短萼黄连(*Coptis chinensis* var. *brevise-pala*)、乳源木莲(*Manglietia fordiana*)、竹节参(*Panax japonicus*)、天目紫茎(*Stewartia gemmate*)、柳杉(*Cryptomeria japonica* var. *sinensis*)、杜仲(*Eucommia ulmoides*)、连香树(*Cercidiphyllum japonicum*)；濒危的 1 种，占 2%，为铁皮

石斛(*Dendrobium officinale*)。

3.3 优先保护顺序分析

依据优先保护值可知，庐山国家自然保护区珍稀濒危保护植物中属于 I 级优先保护的有 8 种，占总数的 14%，有独花兰、竹节参、天目紫茎、柳杉、金钱松、银杏、杜仲、连香树；属于 II 级的有 22 种，占 38%，有鹅掌楸、凹叶厚朴、云锦杜鹃、粗榧、秃瓣杜英、省沽油、青钱柳、花榈木、草珊瑚、猴欢喜、天麻、南方红豆杉、水蕨、七叶一枝花、刺楸、贵州萍蓬草、短萼黄连、明党参、狭叶瓶尔小草、乳源木莲、铁皮石斛、八角莲；属于 III 级的有 23 种，占 40%，有华中五味子、中华结缕草、野菱、红楠、三尖杉、香果树、蓝果树、莲、豹皮樟、黄连木、细叶香桂、条叶龙胆、紫茎、香槐、玉兰、野核桃、白花前胡、喜树、榉树、樟树、方竹、天门冬、牛鼻栓；属于 IV 级的有 5 种，占 40%，有青檀、瘿椒树、野大豆、黄檀、金荞麦。

4 结论和讨论

本研究结果表明，庐山国家自然保护区珍稀濒危保护植物中濒危等级为安全的有 11 种，占总数的 19%；稀有的有 28 种，占 48%；易危的有 18 种，占 31%；濒危的有 1 种，占 2%。优先保护顺序为 I 级的有 8 种，占总数的 14%，急需保护；II 级有 22 种，占 38%，需要保护；III 级有 23 种，占 40%，一般保护；IV 级有 5 种，占 8%，较为安全。

本研究结果表明,属于国家 I 级重点保护的南方红豆杉被列为优先保护 II 级,属于国家 II 级重点保护的水蕨被列为优先保护 II 级,与国家重点野生植物保护名录基本一致。而属于江西省 2 级的铁皮石斛被列为优先保护 II 级、属于江西省 1 级的独花兰被列为优先保护 I 级、属于江西省 3 级的竹节人参、天目紫茎和柳杉被列为优先保护 I 级,属于江西省 1 级的金钱松被列为优先保护 I 级、属于国家 II 级重点保护的榉树、喜树、野菱和中华结缕草被列为优先保护 III 级,属于国家 II 级重点保护的金钱荞麦则被列为优先保护 IV 级等,与国家重点野生植物保护名录划分存在一定差别。这些差异说明《国家重点保护野生植物名录(第一批)》、《中国珍稀濒危保护植物名录(第一册)》、《中国植物红皮书(第一册)》等名录对于我国珍稀濒危植物的保护研究起到了关键性的指导作用,但是这些名录制定是基于全国范围统筹考虑的,由于我国幅员辽阔,地理环境差异较大,必然导致不同地区的植物情况有所不同,不能单纯的套用这些名录对各地的植物进行保护研究。近期对于国家级重点保护野生植物名录(第一批)进行增补或修订的呼声越来越高,主要原因是名录发布有年限了、不全面、不切合当前实际等,利用该名录对某个保护区进行优先保护分析,有时可能不是很合适。一些省份则根据地方实际制订和发布省级名录,相对而言,利用该名录进行优先保护分析可能更有价值。最近,极小种群的概念逐渐为更多人了解和接受,可能也适合于保护区的物种优先保护评价。同时也说明有些物种本身在庐山的野生种群数量较多,如野菱、金钱荞麦和中华结缕草等,或者有些物种在庐山得到了很好的保护,种群数量处于扩增中,如香果树、榉树等。

作为一个著名的旅游胜地,庐山有少量植物种群数量在连年下降,其中破坏最为严重的就是药用植物和观赏植物。调查研究结果表明,属于江西省 1 级的独花兰和属于江西省 3 级的竹节人参被列为优先保护 I 级,七叶一枝花、独花兰、金钱松、天麻、八角莲、短萼黄连、竹节参、杜仲、连香树等都被列为渐危,铁皮石斛被列为濒危等,都与人为活动和生境破坏有关。如黑节草在庐山的种群数量本来就稀少,而且都生长在石崖上,近年来遭到游客及庐山附近居民不断采挖,导致资源几近灭绝。类似的还有竹节参、七叶一枝花、独花兰、天麻、八角莲、短萼黄连、乳源木莲、天目紫茎等。同时,

生物入侵导致了一系列生态环境问题,引起人们的普遍关注^[34],外来入侵物种在新的环境中缺乏竞争而大量繁殖,进而挤占与其具有相似生态位物种的环境资源,对区域生态系统造成影响,致使本地物种的减少和灭绝^[35]。庐山保护区在发展过程中引入了大量的外来物种,其中一些不适当的引种使得缺乏自然天敌的外来物种迅速繁殖^[23],如庐山保护区引入的毛竹由于不受人为控制,并且其具有快速无性繁殖的特点,导致毛竹大量侵入香果树群落中,形成毛竹香果树混交林,挤占香果树的环境资源,香果树原生生态环境遭到很大的破坏,使香果树种群的生存受到巨大威胁^[2]。

珍稀植物濒危的原因有很多种,只有弄清楚每一种植物濒危的原因,我们才能有针对性地开展保护措施,这些对于管理部门开展相应的保护活动具有极高的指导意义。例如针对铁皮石斛、竹节人参等受人为干扰较大的濒危植物分布区,可列为核心区重点保护,停止一切形式的旅游路线开发,禁止游客进入。而对于水蕨、省沽油、猴欢喜、七叶一枝花、贵州萍蓬草、独花兰、金钱松等由于自身在保护区数量少致使濒危的珍稀植物可以通过加大引种和人工栽培的方式扩大其种群数量,使其处于安全水平。同时还可以建立濒危物种繁育中心,通过引种驯化、回归引种等方式扩大野生种群数量,对珍稀濒危植物实施就地保护和迁地保护相结合的方法以达到全面保护的效果^[36]。另外,保护区在开发旅游项目过程中,开发应以生态旅游项目为主,加大宣传和保护植物的力度,切实调节好植物资源保护与利用间的矛盾^[37]。

参考文献

- [1] CAO M T, PENG L, LIU S Q. Analysis of the network of protected areas in China based on a geographic perspective: Current status, issues and integration [J]. Sustainability, 2015, 7(11): 15617–15631. doi: 10.3390/su71115617
- [2] PENG Y S, ZHANG X B, GUI Z M, et al. Spatial distribution pattern in *Emmenopterys henryi* and *Phyllostachys edulis* mixed forest in Lushan Mountain [J]. Guihaia, 2013, 33(4): 502–507. doi: 10.3969/j.issn.1000-3142.2013.04.013.
彭焱松, 张晓波, 桂忠明, 等. 庐山香果树毛竹混交林空间格局研究 [J]. 广西植物, 2013, 33(4): 502–507. doi: 10.3969/j.issn.1000-3142.2013.04.013.
- [3] GREN L, HUGH S. The IUCN Plant Data Book [M]. Dawn: The

- Gresham Press, 1980: 3–31.
- [4] VOS C C, CHARDON J P. Effects of habitat fragmentation and road density on the distribution pattern of the moor frog *Rana arvalis* [J]. *J Appl Ecol*, 1998, 35(1): 44–56. doi: 10.1046/j.1365-2664.1998.00284.
- [5] BEGOSSI A, HANAZAKI N, PERONI N. Knowledge and use of biodiversity in Brazilian hot spots [J]. *Environ Dev Sustain*, 2000, 2(3/4): 177–193. doi: 10.1023/A:1011409923520.
- [6] THORSELL J. A global overview of mountain protected areas on the world heritage list [J]. *Mt Res Dev*, 2009, 23(3): 291–291. doi: 10.1659/0276-4741(2003)023[0290:agoomp]2.0.co;2.
- [7] CAO W, LI Y, CONG X X. Quantitative evaluation of conservation priority of the endangered plants in northeast China [J]. *For Res*, 2012, 25(2): 190–194. doi: 10.3969/j.issn.1001-1498.2012.02.013.
曹伟, 李岩, 丛欣欣. 中国东北濒危植物优先保护的定量评价 [J]. *林业科学研究*, 2012, 25(2): 190–194. doi: 10.3969/j.issn.1001-1498.2012.02.013.
- [8] WANG X P, GUO K. On the new revisions of IUCN red list categories and criteria [J]. *J Plant Resour Environ*, 2002, 11(3): 53–56. doi: 10.3969/j.issn.1674-7895.2002.03.011.
王献溥, 郭柯. 关于 IUCN 红色名录类型和标准新的修改 [J]. *植物资源与环境学报*, 2002, 11(3): 53–56. doi: 10.3969/j.issn.1674-7895.2002.03.011.
- [9] HE P, XIAO Y A, LI X H. Quantitative study of conservation priority of the rare and threatened plants in Jiangxi province [J]. *J Wuhan Bot Res*, 2003, 21(5): 423–428. doi: 10.3969/j.issn.2095-0837.2003.05.009.
何平, 肖宜安, 李晓红. 江西珍稀濒危植物优先保护定量研究 [J]. *武汉植物学研究*, 2003, 21(5): 423–428. doi: 10.3969/j.issn.2095-0837.2003.05.009.
- [10] KONG L. Evaluation about endangered degree and conservation of rare wild plants in Jiangsu [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural College, 2014: 2–4.
孔磊. 江苏稀有野生植物濒危程度与保护评价 [D]. 南京: 南京农业大学, 2014: 2–4.
- [11] JIANG Z G. Criteria for classification of endangered species and the preservation of species [J]. *Bull Biol*, 2000, 35(9): 1–5. doi: 10.3969/j.issn.0006-3193.2000.09.001.
蒋志刚. 物种濒危等级划分与物种保护 [J]. *生物学通报*, 2000, 35(9): 1–5. doi: 10.3969/j.issn.0006-3193.2000.09.001.
- [12] XIE Y, WANG S. IUCN red list categories [J]. *Biodiversity*, 1995, 3(4): 234–239.
解焱, 汪松. 国际濒危物种等级新标准 [J]. *生物多样性*, 1995, 3(4): 234–239.
- [13] MACE G M, COLLAR N J, GASTON K J, et al. Quantification of extinction risk: IUCN's system for classifying threatened species [J]. *Conserv Biol*, 2008, 22(6): 1424–1442. doi: 10.1111/j.1523-1739.2008.01044.x
- [14] WANG S. China's Biodiversity-Status and Conservation Needs [M]. Beijing: Science Press, 1992.
- [15] MACE G M, COLLAR N J, COOKE J G, et al. The development of new criteria for listing species on the IUCN Red List [J]. *Species*, 1992, 19: 16–22.
- [16] MACE G M, LANDE R. Assessing extinction threats: Toward a reevaluation of IUCN threatened species categories [J]. *Conserv Biol*, 1991, 5(2): 148–157
- [17] JIANG Q C, HE X Y, XIU X J, et al. Studies on rare & endangered species and state key protected species in Zhongshan, Guangdong Province [J]. *Guangdong For Sci Technol*, 2007, 23(2): 28–31. doi: 10.3969/j.issn.1006-4427.2007.02.007.
蒋谦才, 何秀云, 修小娟, 等. 中山市野生珍稀濒危植物和国家重点保护野生植物调查 [J]. *广东林业科技*, 2007, 23(2): 28–31. doi: 10.3969/j.issn.1006-4427.2007.02.007.
- [18] LIU X Z, WANG L, LIU G. An investigation report on biodiversity in Lushan Mountain Nature Reserve in Jiangxi Province (Abstract) [C]// The 13th Symposium of the China Forestry Society Dendrochronology Symposium Proceedings. Guangzhou: China Forestry Society, 2008: 198–202.
刘信中, 王琅, 刘戈. 江西省庐山自然保护区生物多样性考察报告 (摘要) [C]// 中国林学会树木学分会第十三届学术研讨会论文集. 广州: 中国林学会, 2008: 198–202.
- [19] WAN H L. Plant diversity and its distribution pattern in the forest ecosystem of Lushan Mountain [D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2008.
万慧霖. 庐山森林生态系统植物多样性及其分布格局 [D]. 北京: 北京林业大学, 2008.
- [20] WAN H L, FENG Z W. Species composition and succession trend of evergreen broad-leaved forest in Lushan Mountain, Jiangxi Province, China [J]. *Acta Ecol Sin*, 2008, 28(3): 1147–1157. doi: 10.3321/j.issn:1000-0933.2008.03.030.
万慧霖, 冯宗炜. 庐山常绿阔叶林物种组成及其演替趋势 [J]. *生态学报*, 2008, 28(3): 1147–1157. doi: 10.3321/j.issn:1000-0933.2008.03.030.
- [21] YANG D D, LIU S, GU Y L, et al. Survey and analysis of the reptile diversity in Lushan Nature Reserve, Jiangxi Province, China [J]. *J CS Univ For Technol*, 2007, 27(6): 72–76. doi: 10.3969/j.issn.1673-923X.2007.06.031.
杨道德, 刘松, 谷颖乐, 等. 江西庐山自然保护区爬行动物多样性调查与分析 [J]. *中南林业科技大学学报*, 2007, 27(6): 72–76. doi: 10.3969/j.issn.1673-923X.2007.06.031.
- [22] ZHENG M W, CHEN H. Kuang Lu Qi Xiu: Lushan [M]. Jilin: Jilin

- Publishing Group Co., Ltd, 2011.
- 郑明武, 陈慧. 匡庐奇秀: 庐山 [M]. 吉林: 吉林出版集团有限责任公司, 2011.
- [23] WAN H L, FENG Z W, PANG H D. On the exotic plants in Lushan, Jiangxi Province, China [J]. *Acta Ecol Sin*, 2008, 28(1): 103–110. doi: 10.3321/j.issn:1000-0933.2008.01.012.
- 万慧霖, 冯宗炜, 庞宏东. 庐山外来植物物种 [J]. *生态学报*, 2008, 28(1): 103–110. doi: 10.3321/j.issn:1000-0933.2008.01.012.
- [24] WANG B, ZHAO G D, YANG F W. Construction and layout pattern of forest ecosystem research station based on the transect theories [J]. *For Res*, 2006, 19(3): 385–390. doi: 10.3321/j.issn:1001-1498.2006.03.023.
- 王兵, 赵广东, 杨锋伟. 基于样带观测理念的森林生态站构建和布局模式 [J]. *林业科学研究*, 2006, 19(3): 385–390. doi: 10.3321/j.issn:1001-1498.2006.03.023.
- [25] BAO H O. A study on investigation of Lushan wild ornamental plant resources [D]. Nanjing: Nanjing Forestry University, 2008: 1–69.
- 鲍海鸥. 庐山野生观赏植物资源调查研究 [D]. 南京: 南京林业大学, 2008: 1–69.
- [26] HU L, WANG T. Key protected wild plants in Lushan and the protection strategy [J]. *J Anhui Agric Sci*, 2011, 39(15): 9172–9173, 9176. doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2011.15.129.
- 胡亮, 王婷. 庐山分布的野生重点保护植物及其保护对策 [J]. *安徽农业科学*, 2011, 39(15): 9172–9173, 9176. doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2011.15.129.
- [27] FANG Y P, LIU S X, WANG Z X, et al. Quantitative assessment of priority for conservation of the national protected plants in Qizimeishan Mountain Nature Preserve [J]. *Acta Bot Boreali-Occid Sin*, 2007, 27(2): 348–355. doi: 10.3321/j.issn:1000-4025.2007.02.023.
- 方元平, 刘胜祥, 汪正祥, 等. 七姊妹山自然保护区野生保护植物优先保护定量研究 [J]. *西北植物学报*, 2007, 27(2): 348–355. doi: 10.3321/j.issn:1000-4025.2007.02.023.
- [28] XU Z F, TAO G D. Discussion on the method of systematic assessment to regional threatened plants and their prior conservation [J]. *Acta Bot Yunnan*, 1987, 9(2): 193–202.
- 许再富, 陶国达. 地区性的植物受威胁及优先保护综合评价方法探讨 [J]. *云南植物研究*, 1987, 9(2): 193–202.
- [29] LIU X X, YAN L H, LIU X P. Study on superior conservation grading index of the rare plants [J]. *J Xiangtan Norm Univ (Nat Sci)*, 2001, 23(2): 42–46.
- 刘小雄, 颜立红, 刘享平. 珍稀植物优先保护分级指标的研究 [J]. *湘潭师范学院学报(自然科学版)*, 2001, 23(2): 42–46.
- [30] CHEN R B, ZHANG G F, LIU J, et al. Endangerment grade and protection priority of rare plant species in Baohuashan National Forest Park, Jiangsu Province [J]. *J Ecol Rural Environ*, 2015, 31(2): 174–179. doi: 10.11934/j.issn.1673-4831.2015.02.006.
- 陈瑞冰, 张光富, 刘娟, 等. 江苏宝华山国家森林公园珍稀植物的濒危等级及优先保护 [J]. *生态与农村环境学报*, 2015, 31(2): 174–179. doi: 10.11934/j.issn.1673-4831.2015.02.006.
- [31] PENG Q Q, WANG Z X, LI T T, et al. Quantitative assessment of priority for rare and endangered plants in Wanchaoshan Nature Reserve of Hubei [J]. *Guihaia*, 2017, 37(7): 859–867. doi: 10.11931/guihaia.gxzw201610020.
- 彭乾乾, 汪正祥, 李亭亭, 等. 湖北万朝山自然保护区珍稀濒危植物优先保护定量研究 [J]. *广西植物*, 2017, 37(7): 859–867. doi: 10.11931/guihaia.gxzw201610020.
- [32] ZHOU Y. The research on the sequences of preferential protection of the rare and endangered plants in Changbai Mountains [J]. *For Res*, 2006, 19(6): 740–749. doi: 10.3321/j.issn:1001-1498.2006.06.012.
- 周懿. 长白山区珍稀濒危植物优先保护序列的研究 [J]. *林业科学研究*, 2006, 19(6): 740–749. doi: 10.3321/j.issn:1001-1498.2006.06.012.
- [33] PENG Q Q, WANG Z X, TANG Y, et al. Quantitative assessment of priority for rare and endangered plants in Yerengu Nature Reserve of Hubei [J]. *For Resour Manage*, 2017(2): 143–150. doi: 10.13466/j.cnki.lyzygl.2017.02.024.
- 彭乾乾, 汪正祥, 汤艳, 等. 湖北野人谷自然保护区珍稀濒危植物优先保护序列研究 [J]. *林业资源管理*, 2017(2): 143–150. doi: 10.13466/j.cnki.lyzygl.2017.02.024.
- [34] XU K Y, YE W H, CAO H, et al. An experimental study on the relationship between biodiversity and invasibility of plant communities [J]. *Chin J Plant Ecol*, 2004, 28(3): 385–391. doi: 10.17521/cjpe.2004.0055.
- [35] PENG S L, XIANG Y C. The invasion of exotic plants and effects of ecosystems [J]. *Acta Ecol Sina*, 1999, 19(4): 560–5698.
- 彭少麟, 向言词. 植物外来种入侵及其对生态系统的影响 [J]. *生态学报*, 1999, 19(4): 560–5698.
- [36] DU J, SONG M Z, LI G L, et al. Conservation and utilization of wild rare and endangered plants in Lushan region [J]. *Ecol Sci*, 2016, 35(2): 128–133. doi: 10.14108/j.cnki.1008-8873.2016.02.020.
- 杜娟, 宋满珍, 李国梁, 等. 庐山地区野生珍稀濒危植物资源及保护利用 [J]. *生态科学*, 2016, 35(2): 128–133. doi: 10.14108/j.cnki.1008-8873.2016.02.020.
- [37] ZHANG E, WANG Z X, LI Z, et al. Conservation priority evaluation for rare and endangered plants in Bengjianzi Nature Reserve of Hubei [J]. *J W China For Sci*, 2015, 44(6): 100–105. doi: 10.16473/j.cnki.xblykx1972.2015.06.020.
- 张娥, 汪正祥, 李泽, 等. 湖北崩尖子自然保护区珍稀濒危植物保护优先性评价 [J]. *西部林业科学*, 2015, 44(6): 100–105. doi: 10.16473/j.cnki.xblykx1972.2015.06.020.