

# 滇西北地区濒危植物的多样性、地理格局及其形成机制\*

孔丽梅, 冯建孟

(大理学院 古城校区农学与生物科学学院, 云南 大理 671003)

**摘要:**滇西北地区是全球濒危植物多样性的热点分布地区之一。此研究以大尺度的濒危物种分布信息为基础,结合数理统计和GIS空间分析的方法,探讨了滇西北地区濒危植物的多样性、地理分布格局及其形成机制。结果表明,滇西北地区拥有濒危植物64种,分属于60属42科;滇西北地区濒危植物的多样性从南到北呈明显递增的趋势( $R^2 = 0.17$ ,  $p < 0.01$ );从空间分布宽度来看,81.3%的濒危植物分布范围狭窄,仅在1~2个县(市)域出现。多元逐步回归分析表明,分布范围狭窄的特有植物的多样性可能是解释研究区域内濒危植物多样性分布格局的主导因素( $R^2 = 0.58$ ,  $p < 0.01$ )。这意味着滇西北地区濒危植物的形成机制可能与其狭窄生境有关。

**关键词:**濒危植物;地理分布格局;形成机制;特有物种;滇西北地区

**中图分类号:**Q948

**文献标志码:**A

**文章编号:**1672-6693(2014)03-0113-06

目前,地球上的生物物种每年以0.1%~1.1%的速率在急剧减少<sup>[1]</sup>,人类社会开始进入保护生物多样性的时代<sup>[2]</sup>。濒危物种的保护是生物多样性保护的核心内容之一,也是衡量生物多样性保护工作是否有成效的重要检验指标之一<sup>[3]</sup>。与其他非濒危物种一样,濒危物种是生物多样性的重要组成部分之一。但与非濒危物种不同的是,由于自然灾害或人为干扰的原因,濒危物种正处于濒临灭绝的境地,若不加以切实保护,这些物种很有可能灭绝,最终在地球上消失。而且,也有研究表明,一个物种的灭绝可能会引起10~30种其它相关物种的丢失,引起一系列的连锁反应或恶性循环,甚至造成生态灾难<sup>[4-5]</sup>。所以,与其它非濒危物种相比,濒危物种的保护更值得人们关注。同时,对濒危物种分布格局及其形成机制的探讨是濒危物种保护的重要理论基础之一。这意味着,只有了解了其分布格局,人们才有可能理解哪些地区或区域是濒危物种保护的重点区域;与此同时,只有了解了其形成机制,人们才有可能制定相应的措施以遏制或减缓物种的濒危进程。所以,探讨濒危物种的分布格局及其形成机制,对于更好地保护濒危物种具有重要意义。

位于中国西南的滇西北地区,地处青藏高原向云贵高原和四川盆地的过渡地段,是全球重要的生物多样性热点地区之一<sup>[6]</sup>。在全球尺度下,Orme等人发现,滇西北地区因其丰富的濒危植物,而成为全球生物多样性热点地区之一<sup>[7]</sup>。在国家尺度下,有研究发现滇西北地区是中国濒危植物分布的热点地区之一<sup>[8-9]</sup>。在区域尺度下,Ma等人采用专家评估的方法,发现滇西北地区的濒危植物主要集中在怒江州和迪庆州等部分县(市)域<sup>[10]</sup>。但截至目前,有关滇西北地区濒危植物的专题性研究还比较少见,滇西北地区濒危植物的物种组成、多样性格局及其形成机制目前还不是很清楚。鉴于此,本研究试图以成熟、完整的滇西北地区濒危物种名录为线索,探讨其物种组成、分布格局和形成机制,为滇西北地区濒危植物保护对策的制定和实施提供基础信息和理论依据。

## 1 研究区域概况

截止目前,还没有较为公认的关于“滇西北地区”的确切定义<sup>[11-12]</sup>。总体来看,狭义的“滇西北地区”主要是按照云南植物分区进行界定,主要包括金沙江植物分区,康藏高原植物分区,东喜马拉雅植物分区和滇西北峡谷植物分区<sup>[11,13]</sup>。此研究采用相对广义的“滇西北地区”的界定,具体包括迪庆、丽江、怒江、大理、楚雄、保山和德宏7个市(州)43个县。此研究中的滇西北地区在自然区域上属于喜马拉雅山系东部的横断山脉纵向岭谷区,是横断山脉的核心区域,北接青藏高原,东南与云贵高原相连,西部与缅甸相连。国土面积为145 243 km<sup>2</sup>,占云

\* 收稿日期:2013-04-12 修回日期:2013-11-21 网络出版时间:2014-5-8 14:38

资助项目:国家自然科学基金(No. 31360143);大理学院科研启动基金(No. KY431040)

作者简介:孔丽梅,女,助理研究员,研究方向为云南地区植物多样性研究,E-mail: 1026173364@qq.com;通讯作者:冯建孟,E-mail: fjm@pku.org.cn

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/50.1165.N.20140508.1438.010.html>

南地区国土总面积的 1/3 左右。研究区域内的地形、气候和植被等主要基础信息参见相关文献<sup>[11-12]</sup>, 在文中不再赘述。

## 2 数据来源

滇西北地区的濒危植物信息主要来自 1985 年根据国务院环境保护委员会公布的《云南省第一批珍稀濒危保护植物名录》<sup>[14]</sup>和《云南省第一批省级重点保护野生植物名录修订》<sup>[15]</sup>。此研究以研究区域的 43 个县(市)域为基本空间研究单元。根据各物种的地理分布信息,通过归纳和整理获得了以县(市)域为单位的滇西北地区濒危植物的空间分布数据库。过去的研究表明,与生境范围狭窄有关的特有物种的多样性可能是导致物种濒危的重要因素之一<sup>[7-8,16]</sup>。因此,此研究将特有物种多样性作为濒危物种分布格局的解释因素之一。此研究中所需的特有植物数据主要参考了《云南植物志》(1~16 卷)<sup>[17]</sup>和其它地方性植物志和自然保护区考察报告中的植物名录<sup>[18-25]</sup>。另外也有研究表明,人为因素,如人口密度和 GDP 也可能是促使物种濒危的重要因素<sup>[16]</sup>,因此,也将人口密度和 GDP 作为濒危植物多样性格局的解释因素。同时,也考虑了经度、纬度、海拔、年平均温度和降水量等自然环境因素。本研究中分析所需的滇西北地区各县(市)域的年平均温度和降水量等信息均来自相关文献<sup>[26]</sup>。而各县的人口密度和 GDP 数据则来自统计年鉴<sup>[27]</sup>。研究区域 1:100 万的数字高程模型(DEM)和以县(市)域为空间单位的矢量地图均来自国家基础地理信息中心(<http://www.ngcc.cn/>)。以此为基础,利用 ArcGIS Desktop 8.3<sup>TM</sup>获得各县(市)域的经、纬度中值和面积;同时,利用该软件的分区统计功能(zonal statistic analysis)获得各县(市)域的海拔均值。

## 3 研究方法

1) 濒危植物的物种组成分析。以源数据为基础,提取了滇西北区域内濒危植物科、属、种的基本信息,根据各科、属所包含的物种数,获得了比较重要的科和属,据此了解研究区域内濒危植物物种的总体构成。

2) 濒危植物的空间分布频度。以县(市)域为空间单位,根据各濒危物种在 43 个县(市)域内出现的频度,分析每个物种的空间分布频度。空间分布频度越大说明物种的分布范围越广;反之则说明分布范围越狭窄。

3) 物种多样性分析。考虑到面积对物种多样性的影响<sup>[28]</sup>,此研究利用单位面积的物种多样性,即物种密度,用于表征物种多样性,物种密度计算公式如下:物种密度(Species density) =  $S/\ln(A)$ <sup>[28]</sup>

其中:S 为各研究单元(县(市)域)的物种丰富度(种)。A(Area)为各研究单元(县(市)域)的面积(km<sup>2</sup>),考虑到物种丰富度与面积之间的对数关系,对面积做了对数变换。

4) 濒危植物多样性格局及其解释。利用 ArcGIS Desktop 8.3<sup>TM</sup>的数据联合功能,通过县(市)域矢量图和各县(市)域的物种多样性信息的联合,进行研究区域内濒危植物多样性的空间显示和分析。同时,选取了各县(市)域的经度、纬度、海拔、年平均温度、GDP、人口密度、降水量以及滇西北地区各县(市)域的特有物种多样性作为濒危植物多样性格局的解释因子。此研究利用 SPSS 软件进行相关性分析和多元逐步回归分析,从而获得影响研究濒危植物多样性格局的主要因素。

## 4 结果分析

### 4.1 滇西北地区濒危植物物种的多样性特征

研究结果表明,滇西北地区拥有濒危植物 64 种,分属于 60 属 42 科。从表 1 可以看出,研究区域内比较重要的科主要包括樟科(Lauraceae)、安息香科(Styracaceae)、百合科(Liliaceae)、蝶形花科(Papilionaceae)、兰科(Orchidaceae)、马兜铃科(Aristolochiaceae)和木兰科(Magnoliaceae)。其中樟科所含物种数为 4 种,其余优势科所含的物种数均为 3 种,共计 22 种,约占濒危植物总物种数的 34.1%。这意味着,分布于滇西北地区的濒危植物,近 1/3 集中在 7 个比较重要的科;而其他 35 个科所包含的物种均比较少(物种数在 1~2 个之间),平均每个科所含物种数为

表 1 滇西北地区濒危植物重要科属的组成

Tab. 1 Composition of important families and genus of threatened plants in Northwestern Yunnan

科名	物种数	属名	物种数
樟科 Lauraceae	4	马兜铃属 <i>Aristolochia</i>	3
安息香科 Styracaceae	3	木莲属 <i>Manglietia</i>	2
百合科 Liliaceae	3	钻地风属 <i>Schizophrag</i>	2
蝶形花科 Papilionaceae	3		
兰科 Orchidaceae	3		
马兜铃科 Aristolochiaceae	3		
木兰科 Magnoliaceae	3		

1.2 个左右。因此,在科的水平上,濒危物种的分布既具有一定的聚集性,也具有一定的均匀性。从表 1 还可以看出,研究区域内比较重要的属,主要包括马兜铃属(*Aristolochia*)(3 种)、木莲属(*Manglietia*)(2 种)和钻地风

属(*Schizophrag*)(2种),其余的57个属均只含1种濒危植物。这可能意味着,分布于滇西北地区的濒危植物物种在属的归属上,分布相对比较均匀。

#### 4.2 濒危植物的空间分布频度

从图1可以看出,在滇西北地区空间分布频度为1的濒危植物有32种,所占比重最大,达到50%,这说明此研究区域内一半的濒危植物分布区域非常狭窄,仅在一个县(市)域有分布。例如独龙木姜子(*Litsea taronensis*)仅分布于贡山,毛尖树(*Actinodaphne forrestii*)仅分布于瑞丽,滇西紫树(*Nyssa shweliensis*)和光叶滇黄皮(*Phellodendron chinensis*)仅分布于腾冲等。其次,在2个县(市)域有分布的濒危植物有20种,所占比重为31.3%。而空间分布频度在5次及其以上的所占比重则很小,仅为6.3%。总体上,仅在1~2个县(市)域有分布的物种有52种,所占比重为81.3%。大多数物种的空间分布频度低,在一定程度上意味着,研究区域内大多数濒危物种的地理分布范围较为狭窄。这可能进一步意味着,滇西北地区大多数濒危植物之所以濒危,可能与其狭窄的地理分布有关。

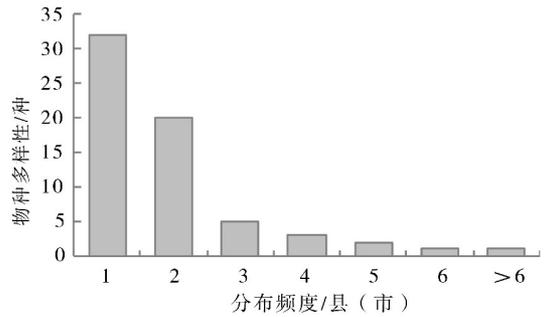


图1 滇西北地区濒危植物物种的空间分布频度  
Fig.1 Frequency of threatened plants in Northwest Yunnan

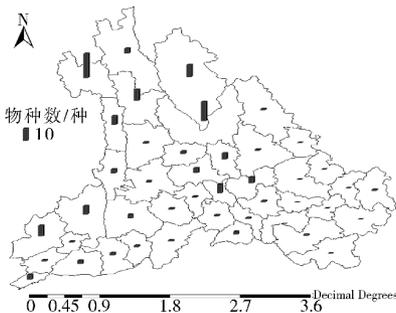


图2 滇西北地区濒危植物物种多样性地理分布格局  
Fig.2 Geographical patterns species richness of threatened plants in Northwest Yunnan

#### 4.3 濒危植物多样性的分布格局及其解释

从图2可以看出,滇西北地区濒危植物多样性的最高值出现在研究区域北部的贡山县,其物种丰富度为20种。同时,丽江、香格里拉、维西、盈江、福贡、大理和腾冲等6个县(市)域的濒危植物多样性也较为丰富,均达到了5种以上。这意味着,濒危植物多样性相对比较丰富的地区主要集中在研究区域的北部,即横断山区中段区域。

但是对研究区域的南部县(市)域而言,濒危植物的多样性则相对较低,其所含物种数均在0~4之间。进一步分析,发现滇西北地区濒危植物多样性的纬度分异明显,呈显著递增的趋势( $R^2 = 0.17, p < 0.01$ ),这可能意味着滇西北地区濒危植物保护的热点地区主要集中在北部区域。

表2 滇西北地区濒危物种密度与各解释因子之间的相关性分析

Tab.2 Correlation analysis between interpretation factors and threatened species' density in Northwest Yunnan

	濒危物种密度 /(种·km <sup>-2</sup> )	经度/(°)	纬度/(°)	海拔/m	年均温/°C	GDP/元	人口密度/ (人·km <sup>-2</sup> )	降水 /mm	特有物种密度/ (种·km <sup>-2</sup> )
濒危物种密度 /(种·km <sup>-2</sup> )	1	-0.450**	0.411**	0.424**	-0.475**	0.172	-0.310*	0.346*	0.768**
经度/(°)		1	0.027	-0.124	0.343*	0.101	0.261	-0.528**	-0.176
纬度/(°)			1	0.865**	-0.737**	-0.259	-0.557**	-0.211	0.755**
海拔/m				1	-0.892**	-0.190	-0.409**	-0.254	0.792**
年均温/°C					1	0.221	0.435**	0.139	-0.756**
GDP/元						1	0.383*	0.023	0.028
人口密度/(人·km <sup>-2</sup> )							1	-0.207	-0.375*
降水量/mm								1	0.003
特有物种密度 /(种·km <sup>-2</sup> )									1

注: \* 表示显著相关,  $p < 0.05$ ; \*\* 表示极显著相关,  $p < 0.01$

从表2可以看出,特有物种多样性与濒危物种多样性之间存在着较强的联系( $R^2 = 0.59, p < 0.01$ );其次,年平均温度与濒危植物多样性之间同样存在着明显联系( $R^2 = 0.23, p < 0.01$ ),而GDP与濒危植物多样性之间却未发现明显联系( $p > 0.05$ )(表2)。多元逐步回归分析表明,特有物种密度、降水量、海拔和经度均

进入了回归方程(表 3)。从表 3 还可以看出,特有物种密度对濒危植物多样性分布格局的解释率(Adjusted  $R^2 = 0.58$ ,  $p < 0.01$ ),而降水量、海拔和

表 3 滇西北地区濒危物种密度格局的多元回归分析

Tab. 3 Regression analysis of the spatial patterns of threatened species' density in Northwest Yunnan

因变量	自变量	作用方向	变异解释百分率	Adjusted $R^2$	$p$
濒危物种密度/ (种· $\text{km}^{-2}$ )	特有物种密度/(种· $\text{km}^{-2}$ )	+	58.0	76.1%	<0.001
	降水量/mm	+	11.4		
	海拔/m	+	2.4		
	经度/ $^{\circ}$	-	4.3		

经度对濒危植物多样性的分布格局的解释率分别仅为 11.4%、2.4% 和 4.3%,这可能意味着,尽管降水量、海拔、经度和特有植物多样性均明显影响研究区域内濒危植物多样性的分布格局,但特有植物多样性对濒危植物多样性格局的形成可能起着更为重要的影响。这也可能进一步暗示着,特有植物的狭窄地理分布与研究区域内濒危植物多样性分布格局的形成有关。即大多数濒危植物之所以濒危,可能与其狭窄的地理分布或生境有关。这主要是因为生境相对狭窄的物种,更易因其生境的破坏或消失而处于濒危状态,甚至灭绝<sup>[7-8,16]</sup>。

## 5 讨论

与过去的相关定性研究<sup>[29]</sup>相比,本研究更倾向于定量分析和分布格局形成机制的探索。研究结果发现,滇西北地区濒危植物多样性存在一定的空间分异,即从南到北,随着纬度的升高,濒危植物的多样性呈明显的递增趋势。即北部地区植物多样性最为丰富,而南部地区则相对较为贫乏。这意味着从保护生物学角度来看,拥有更丰富濒危植物多样性的北部地区可能更值得保护和关注。尤其是以北部地区的贡山、丽江和香格里拉,这 3 个县(市)域一共拥有濒危植物 35 种,即上述县(市)域仅以 16.4% 的国土面积,拥有了整个滇西北地区濒危植物多样性的 54.7%。过去的研究表明,一个地区只要对濒危植物赖以生存的极有限的少数地区加以保护就可以挽救该地区绝大多数濒危物种<sup>[8]</sup>。因此,在滇西北地区濒危植物的保护应该以贡山、丽江和香格里拉为重点保护区域,这样就能以尽可能少的投入保护滇西北地区的大多数濒危植物,从而提高濒危植物多样性的保护效率。

研究结果表明,滇西北地区拥有的 64 种濒危植物中有 52 种仅在 1~2 个县有分布,所占比重达到了 81.3%,而分布范围较广的广布种的比例则相对较小,这表明滇西北地区的大多数濒危植物的分布范围或生境都很狭窄。同时,分布范围狭窄的特有植物的多样性可能是解释研究区域内濒危植物多样性分布格局的主导因素。这可能意味着滇西北地区植物的濒危可能与其生境狭窄密切相关。过去的研究也表明,濒危物种的多样性与生境狭窄的特有物种多样性之间关系密切。例如,Tang 等人研究发现濒危植物多样性与特有植物多样性之间关系密切<sup>[8]</sup>;Zhang 等人同样也认为,中国的植物物种濒危很大程度上是因为其狭窄的生境<sup>[9]</sup>。所以,保护濒危植物狭窄的生境是保护滇西北地区的濒危植物的重要措施之一。这一结果可能有助于人们更好地理解滇西北地区濒危植物多样性格局形成的主要机制;同时,为制定以生境保护为主要内容的保护措施和规划提供重要的理论依据。

本研究与过去的相关研究表明<sup>[7-8,16]</sup>,濒危物种多样性和生境狭窄的特有物种多样性之间存在着密切的联系,即生境狭窄可能在很大程度上导致了物种濒危。但也有研究认为人口密度和 GDP 是导致物种濒危的主要因素<sup>[30-33]</sup>。而且,过去的研究甚至认为在濒危物种的众多形成机制中,人为因素更加重要显著。例如,Forester 等人发现人为因素可能是导致物种濒危的主要原因<sup>[34,38]</sup>。这可能意味着,有关濒危物种分布格局的形成机制还存在一定的争议。或许,不同地区或不同生物类群的濒危机制是不同的,不能一概而论<sup>[35-40]</sup>。在人口密度较大,经济发展水平较高,自然环境受人为干扰严重的地区,影响物种濒危的主要机制可能是人为因素,如人口密度和 GDP;但是,在人口密度较小,经济发展水平较低,人为干扰相对较弱的地区,生境的狭窄可能在物种濒危的进程中扮演着更为重要的角色<sup>[16,34-38]</sup>。

必须说明的是,本研究以县(市)域为地理空间单位探讨滇西北地区濒危植物的多样性格局及其形成机制,但是各县(市)域的地形、国土面积和生物地理环境存在着一定的差异,尤其是各县(市)域的面积差异明显。因此,以物种的县(市)域行政区划分布频度作为衡量物种生境分布广度的指标,可能存在着一定的缺陷。同时,研究以人口密度和 GDP 作为衡量人类活动的指标,虽然此做法亦被广泛采用<sup>[30-33]</sup>,但是,若能获得有关土地利用的时空变化数据,将会更直接地反映人类的活动强度。以上问题或缺陷是本研究存在的主要问题,有待以后进一步修正或探讨。

## 参考文献:

- [1] World Conservation Monitoring Centre. Global Biodiversity: Status of the Earth's Living Resource[M]. London: Chapman & Hall, 1992.
- [2] 方精云. 探索中国山地植物多样性的分布规律[J]. 生物多样性, 2004, 12(1): 1-4.  
Fang J Y. Exploring altitudinal patterns of plant diversity of Chinese mountains [J]. Biodiversity Science, 2004, 12(1): 1-4.
- [3] 欧阳志勤, 杨硕, 卢蕾吉, 等. 云南珍稀濒危植物的保护现状与对策[J]. 环境科学导刊, 2010, 29(5): 31-35.  
Ouyang Z Q, Yang S, Lu L J, et al. Current situation and countermeasures of the rare and endangered plants protection in Yunnan[J]. Environmental Science Survey, 2010, 29(5): 31-35.
- [4] 李文军, 王恩明. 生物多样性的意义及其价值[C]//中国的生物多样性. 北京: 科学出版社, 1993.  
Li W J, Wang E M. The significance and value of biodiversity[C]//The biodiversity of China. Beijing: Science Press, 1993.
- [5] Myers N. Threatened biotas: hot-spot in tropical forest[J]. The environmentalist, 1998(8): 187-208.
- [6] Myers N, Mittermeier R A, Mittermeier C G, et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities [J]. Nature, 2000, 439(24): 853-858.
- [7] Orme C D L, Davies R G, Burgess M, et al. Global hotspots of species richness are not congruent with endemism or threat[J]. Nature, 2005, 436: 1016-1019.
- [8] Tang Z Y, Wang Z H, Zheng C Y, et al. Biodiversity in China's mountains[J]. Frontiers in Ecology and the Environment, 2006, 4: 347-352.
- [9] Zhang Y B, Ma K P. Geographic distribution patterns and status assessment of threatened plants in China[J]. Biodiversity and Conservation, 2008, 17: 1783-1798.
- [10] Ma C L, Moseley R K, Chen W Y, et al. Plant diversity and priority conservation areas of Northwestern Yunnan, China[J]. Biodiversity and Conservation, 2007, 16: 757-774.
- [11] 冯建孟, 董晓东, 徐成东, 等. 取样尺度效应对滇西北地区种子植物物种多样性纬度分布格局的影响[J]. 生物多样性, 2009, 17(3): 266-271.  
Feng J M, Dong X D, Xu C D, et al. Effects of sampling scale on latitudinal patterns of species diversity in seed plants in northwestern Yunnan, China [J]. Biodiversity Science, 2009, 17(3): 266-271.
- [12] 冯建孟, 徐成东, 查凤书, 等. 长江上游滇西北地区植物区系组成及物种多样性[J]. 长江流域资源与环境, 2010, 19(1): 65-72.  
Feng J M, Xu C D, Zha F S, et al. Plant biodiversity and flora composition in north-western Yunnan[J]. Resources and Environment in Yangtze River Basin, 2010, 19(1): 65-72.
- [13] Li X W. Two big biodiversity centres of Chinese endemic genera of seed plants and their characteristics in Yunnan Province [J]. Acta Botanica Yunnanica, 1994, 16: 221-227.
- [14] 国务院环境保护委员会. 云南省第一批珍稀濒危保护植物名录[J]. 云南林业, 1985(3): 2-3.  
The environmental protection committee of the state council. The first list of rare and endangered plants in yunnan province[J]. Yunnan Forestry, 1985(3): 2-3.
- [15] 周彬. 云南省第一批省级重点保护野生植物名录修订[J]. 云南植物研究, 2010, 32(3): 221-226.  
Zhou B. The first provincial key protected wild plants list revision, Yunnan[J]. Acta Botanica Yunnanica, 2010, 32(3): 221-226.
- [16] Lenzen M, Lane A, Widmer-Cooper A, et al. Effects of Land Use on Threatened Species[J]. Conservation Biology, 2006, 23(2): 294-306.
- [17] 中国科学院昆明植物所. 云南植物志[M]. 北京: 科学出版社, 2006.  
Kunming Institute of Botany, the Chinese Academy of Sciences. Flora of Yunnan[M]. Beijing: Science Press, 2006.
- [18] 哀牢山自然保护区综合考察团. 哀牢山自然保护区综合考察报告集[M]. 昆明: 云南民族出版社, 1985.  
Organization of Scientific Investigation of Ailao Mountain Nature Reserve. Scientific reports of Ailao Mountain Nature Reserve[M]. Kunming: Yunnan Nationality Press, 1985.
- [19] 李恒. 独龙江地区植物[M]. 昆明: 云南科技出版社, 1993.  
Li H. Flora of Drung River Area[M]. Kunming: Yunnan Science & Technology Press, 1993.
- [20] 段诚忠. 苍山植物科学考察[M]. 昆明: 云南科技出版社, 1995.  
Duan C Z. Scientific investigation of plant on Cangshan Mountain[M]. Kunming: Yunnan Science & Technology Press, 1995.
- [21] 谢培信. 楚雄彝族自治州生物资源科学考察报告集[M]. 昆明: 云南科技出版社, 1996.  
Xie P X. Scientific reports of biological resources in Chuxiong prefecture[M]. Kunming: Yunnan Science & Technology Press, 1996.
- [22] 李恒, 郭辉军, 刀志灵. 高黎贡山植物[M]. 北京: 科学出版社, 2000: 1-300.  
Li H, Guo H J, Dao Z L. Flora of Gaoligong Mountains [M]. Beijing: Science Press, 2000: 1-300.
- [23] 李宏伟. 白马雪山国家级自然保护区[M]. 昆明: 云南民族出版社, 2003: 3-107.  
Li H W. Baima Mountain National Nature Reserve[M]. Kunming: Yunnan Nationality Press, 2003: 3-107.
- [24] 欧晓昆, 张志明, 王崇云, 等. 梅里雪山植被研究[M]. 北京: 科学出版社, 2006.  
Ou X K, Zhang Z M, Wang C Y, et al. Vegetation Research in Meili Snow Mountain[M]. Beijing: Science Press, 2006.
- [25] 喻庆国, 钱德仁. 小黑山自然保护区[M]. 昆明: 云南科技出版社, 2006: 1-211.  
Yu Q G, Qian D R. Xiaoheishan Nature Reserve[M]. Kunming: Yunnan Science & Technology Press, 2006: 1-211.
- [26] 赵鼎汉. 云南省地图[M]. 北京: 中国地图出版社, 1999.

- Zhao D H. Map of Yunnan Province[M]. Beijing: Sino-maps Press, 1999.
- [27] 云南省统计局. 云南统计年鉴(2001) [M]. 北京: 中国统计出版社, 2001.  
Bureau of Yunnan Province. Yunnan Statistical Yearbook [M]. Beijing: China Statistics Press, 2001.
- [28] Qian H. Large-scale biogeographic patterns of vascular plant richness in North America: an analysis at the genera level[J]. Journal of Biogeography, 1998, 25: 829-836.
- [29] 邹新慧, 何平, 陈建民, 等. 云南省珍稀濒危植物及国家保护植物区系成分分析[J]. 西南师范大学学报: 自然科学版, 2002, 27(6): 939-944.  
Zou X H, He P, Chen J M, et al. Studies on floristic elements of rare and endangered plants and national conservative plants in Yunnan[J]. Journal of Northwest Normal University: Natural Science, 2002, 27(6): 939-944.
- [30] Mckinney M L. Role of human population size in raising bird and mammal threat among nations[J]. Animal Conservation, 2001, 4: 54-57.
- [31] Burgess N D, Balmford A, Cordeiro N J, et al. Correlations among species distributions, human density and human infrastructure across the high biodiversity tropical mountains of Africa [J]. Biological Conservation, 2007, 134: 164-177.
- [32] Kerr J T, Currie D J. Effects of human activity on global extinction risk[J]. Conservation Biology, 1995, 9: 1528-1538.
- [33] Naidoo R, Adamoieiz W L. Effects of economic prosperity on numbers of threatened species[J]. Conservation Biology, 2001, 15: 1021-1029.
- [34] Forester D J, Machlis J E. Modelling human factors that affect the loss of biodiversity[J]. Conservation Biology, 1996, 10: 1253-1263.
- [35] 费永俊, 雷泽湘, 余昌均, 等. 中国红豆杉属植物的濒危原因及可持续利用对策[J]. 自然资源, 1997(5): 59-63.  
Fei Y J, Lei Z X, Yu C J, et al. The cause for endangerment of Taxus L. and measures for its sustainable development in China[J]. Natural Resources, 1997(5): 59-63.
- [36] 易思荣, 黄娅. 重庆市珍稀濒危植物适生环境及濒危原因初探[J]. 西北植物学报, 2003, 23(5): 705-714.  
Yi S R, Huang Y. Inquire into the bioenvironment and the rare reasons of the rare and endangered species in Chongqing[J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2003, 23(5): 705-714.
- [37] 梁淑云, 杨逢春. 海南岛珍稀濒危植物[J]. 亚热带植物科学, 2009, 38(1): 50-55.  
Liang S Y, Yang F C. Typical rare and endangered plants of Hainan island[J]. Subtropical Plant Science, 2009, 38(1): 50-55.
- [38] 胡世俊, 何平, 邓洪平, 等. 重庆特有植物缙卫矛濒危原因研究进展[J]. 重庆师范大学学报: 自然科学版, 2013, 30(3): 35-39.  
Hu S J, He P, Deng H P, et al. Advances for endangered factors of *euonymus chloranthoides*, a plant endemic to Chongqing[J]. Journal of Chongqing Normal University: Natural Science, 2013, 30(3): 35-39.
- [39] 王文国, 马丹炜, 张翔, 等. 成都地区园林种子植物属的区系分析[J]. 四川师范大学学报: 自然科学版, 2005, 28(5): 604-607.  
Wang W G, Ma D W, Zhang X, et al. Analysis of the areal-types for genera of garden seed plants in Chengdu[J]. Journal of Sichuan Normal University: Natural Science, 2005, 28(5): 604-607.

## Resources, Environment and Ecology in Three Gorges Area

### Species Diversity, Geographic Patterns and Their Underlying Mechanisms of the Threatened Plants in Northwest Yunnan

KONG Li-mei, FENG Jian-meng

(Department of Agriculture and Life Science, Dali University, Dali Yunnan 671003, China)

**Abstract:** The Northwest Yunnan is one of the global hotspots of species diversity, geographic patterns and their underlying mechanisms of the threatened plants in Northwest Yunnan threatened plants. Based on the large-scale distribution information of the threatened plants, statistic and GIS spatial analysis, we investigated species diversity, geographic patterns and their underlying mechanisms of the threatened plants in Northwest Yunnan. The results showed that the Northwest Yunnan held 64 threatened plant species, subordinated in 60 genus and 42 families. With the increase of latitude, an increasing trend can be observed on the species diversity of threatened plants ( $R^2=0.17$ ,  $p<0.01$ ). Our results also showed that 81.3% of the threatened plants distribution range was very narrow (only occurred in 1~2 spatial units). Statistical analysis showed that species diversity of endemic plants may be the dominant factor for the spatial patterns of threatened plant species ( $R^2=0.58$ ,  $p<0.01$ ). It may imply that the narrow habitat may be one of the major underlying mechanisms for the patterns of threatened plants in Northwest Yunnan. Therefore, the protection of their narrow habitat was one of the important counter-measures to protect the threatened plants in Northwest Yunnan.

**Key words:** threatened plants; spatial patterns; underlying mechanism; endemic species; Northwest Yunnan

(责任编辑 李若溪)