

# 海南重楼(*Paris dunniana* Lévl.)种群的生存状况

包维楷<sup>1,①</sup>, 王丽<sup>2</sup>

(1. 中国科学院成都生物研究所, 四川 成都 610041; 2. 四川大学生命科学学院, 四川 成都 610041)

**摘要:** 对海南岛尖峰岭林区海南重楼(*Paris dunniana* Lévl.)种群的生存状况进行了调查,并分析了其生存环境条件及种群结构特征与发展趋势。结果表明:在尖峰岭林区,只有35%的被调查沟谷生境存有海南重楼个体,大多数生境个体不足3株,平均种群密度仅为3.2株·km<sup>-2</sup>,小群聚株间距大(3~30 m),种群联系程度低,呈孤立的分散状态。81%的调查个体株高低于100 cm,而低于80 cm的个体占75%以上;87.5%的个体未开花;平均根茎长10.5 cm,变幅在4~20 cm之间。植株小叶片数为3~9,只有34.3%的植株的小叶片数在7片或7片以上。个体年龄3~14 a,缺失3 a以下的幼年个体和10~11 a的个体,种群年龄结构呈缺失的不正常的“菱”型。综合分析表明,该种的生境退化严重,种群数量小,有性繁殖能力极弱,种群处于衰退状态,如不采取有效的保护措施将濒于灭绝。

**关键词:** 海南重楼; 生存状况; 种群退化; 生境恢复

**中图分类号:** Q948 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-0978(2004)01-0032-05

**Habitat condition and population characteristics of *Paris dunniana* Lévl. in Jianfengling, Hainan Province** BAO Wei-kai<sup>1,①</sup>, WANG Li<sup>2</sup>(1. Chengdu Institute of Biology, the Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041, China; 2. Department of Life Science, Sichuan University, Chengdu 610041, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2004, 13(1): 32-36

**Abstract:** The surviving status and existing situation of the population of *Paris dunniana* Lévl. were investigated at Jianfengling forest region in Hainan Province, the relevant habitats characteristics including climate, soil, and its existed forests were expounded. Furthermore, the population structure and development tendency were analyzed systematically. Ascribing to habitat loss and traditional harvest, only 35% of microhabitats investigated indeed were occupied by *P. dunniana* and the average population density was 3.2 plant·km<sup>-2</sup>. No more than 3 individuals existed in most microhabitats and the long distance (3-30 m) was kept among individuals, implicating a low assembling intensity and relatively isolated interaction remained among the meta-populations. About 81% of all investigated individuals were shorter than 100 cm and even 75% shorter than 80 cm in height. About 87.5% of all individuals in the population were in nonsexual proliferous state with weak regeneration potential. The average length of rhizome was 10.5 cm. The individuals had 3-9 leaflets but only about 34.3% had more than 7 leaflets. The age structure of the population showed abnormal shape for lack of the individuals with ages of 1-2 a and 10-11 a, displaying declining development tendency. The comprehensive analysis displayed that the population was in a rare state and even would develop in endangered state if no effective measures were implemented.

**Key words:** *Paris dunniana* Lévl.; existing situation; population decline; microhabitat restoration

海南重楼(*Paris dunniana* Lévl.)是延龄草科(Trilliaceae)重楼属(*Paris* L.)多年生药用草本植物,间断分布在海南和贵州中部,是重楼属植物中最原始的种<sup>[1,2]</sup>。药用部分为根茎,具有清热解毒、消肿止痛、凉肝定惊之功效。其化学成分主要为薯蓣皂甙和蚤休皂甙,具有祛痰、抗菌、镇痛、镇静、抗癌和止血活性。重楼的根茎已成为云南白药、宫血宁等多种中成药和新药的主要原料,年需求量很大。重楼植物的规模化栽培还未能真正实现,野生资源成

为唯一的药源。目前有关海南重楼的研究主要限于细胞学、分类学地位及其化学成分方面<sup>[3-6]</sup>,而对于该种的生态环境、物种生物学特性、个体生态学以及

收稿日期: 2003-05-13

基金项目: 中国科学院知识创新工程重要研究方向项目专题(KSCX2-SW-104)、国家留学归国人员基金(200036705)共同资助

作者简介: 包维楷(1968-),男,四川广汉人,博士,研究员,主要从事恢复生态学与保育生态学研究。

① 通讯作者

种群生态学状况等则缺乏必要的研究。种群生存状况的不清楚,制约着对该种的充分认识和合理的利用与保护。本文调查了海南重楼在尖峰岭林区的分布状况及存在的生境条件,查明该种群的生物学生态学特性及其种群特征,阐明该种群的生存状况及其发展趋势,为该种的就地保护提供可靠的依据和对策。

## 1 调查与分析方法

尖峰岭地区位于海南省西南部乐东县与东方县的交界处,北纬 $18^{\circ}23'$ ~ $18^{\circ}50'$ ,东经 $108^{\circ}36'$ ~ $109^{\circ}05'$ ,总面积 $600\text{ km}^2$ ,约占海南岛总面积的1.8%,其中尖峰岭林区面积 $472.3\text{ km}^2$ ,为海南省五大林区之一。尖峰岭地区自然生态环境独特,林区最高峰尖峰岭顶海拔 $1412\text{ m}$ 。植被类型丰富,基本包括并代表了海南省南部的类型,生物多样性十分丰富。野生蕨类植物约36科65属115种,占海南岛总数的32%;被子植物1572种,占总数的47%;鸟类219种,占64%;兽类68种,占83%<sup>[7]</sup>,成为我国生物多样性最高的区域之一,也是我国生物多样性保护的关键区域之一<sup>[8]</sup>。该区1986年建立保护区,1991年扩大为 $8000\text{ km}^2$ 的省级保护区,1992年成立尖峰岭国家级森林公园,2000年成为国家级自然保护区。

海南重楼的调查主要采用线路调查为主,根据该种的生态学及生物学习性,以保护站(天池湖旁边)为中心确定4条调查路线(东、西、南、北),以沟谷为重点调查区域。寻找海南重楼个体,并测定株高(cm)、株间距离(m),记录每株的叶片数,并查数根茎节间数作为植株年龄(a),记数根茎上着生的吸水根数量,并统计每个微生境的株数。6人分成3组进行调查采集,调查面积约 $10\text{ km}^2$ ,覆盖16条沟谷,行程约60 km。将所调查区域发现的所有植株作为1个种群来进行分析。

尖峰岭山地热带雨林是我国生物多样性保护的关键区域,中国林业科学研究院等相关单位对其森林生态系统开展了大量的定位研究工作,积累了丰富的土壤、气候、水文以及森林结构与功能的研究资料,主要包括植物区系、森林群落及其更新动态学、生态气候、生物量及其生产力、森林水文学、物质循环和能量流动、土壤类型及其养分状况以及森林在

全球气候变化中的作用等<sup>[7,9-18]</sup>,这些工作为合理保护这一独特的森林生态系统以及进行科学管理提供了重要依据。本文以这些已有工作为基础来分析和讨论海南重楼的生存环境条件。

## 2 结果与分析

### 2.1 海南重楼的地理分布格局

海南重楼间断分布于海南岛和贵州贵定,但集中分布于海南岛,因此从水平地理分布格局看为1个间断分布种。从垂直分布格局看,海南重楼分布于海拔 $400\sim 1100\text{ m}$ 的热带常绿雨林带( $200\sim 650\text{ m}$ )、热带北缘沟谷雨林( $250\sim 700\text{ m}$ )以及热带山地雨林带( $650\sim 1100\text{ m}$ )3种植被类型的次生林下的阴湿环境中,但集中分布于海拔 $700\sim 900\text{ m}$ 范围内。据调查和走访当地药农、林区林业与保护工作人员可知,该种在林下呈分散的小群居状态。在调查的约 $10\text{ km}^2$ 面积中,仅在其中的6条沟谷发现32株海南重楼个体,仅占被调查沟谷数的35%。从种群聚集度来看,仅1条沟谷种群数量在10株以上,而其余个体聚集度均在3株或以下,出现1~2株的沟谷有8个;从株间距离来看,最小3 m,最大的株间距达30 m。表明海南重楼种群联系程度低,呈孤立的分散状态。由于次生林下植被浓密,即使能正常开花,个体间也必然存在相互传粉的障碍。

### 2.2 海南重楼生存环境条件

2.2.1 生长区域的气候环境条件 海南重楼生存的环境气候属热带季风气候。根据尖峰岭海拔 $820\text{ m}$ 的裸地多年观测结果统计,年均温 $19.5^{\circ}\text{C}$ ,最热月(7月)平均温度 $27.7^{\circ}\text{C}$ ,最冷月 $15.1^{\circ}\text{C}$ ,大于 $10^{\circ}\text{C}$ 的年积温为 $4600\sim 5000^{\circ}\text{C}$ ,相对湿度88%,年均降水量约 $3000\text{ mm}$ ,年降雨日数约180 d,5~10月降雨量高达 $2300\text{ mm}$ <sup>[10]</sup>。表明海南重楼喜生于林下暖和高湿的气候环境。

2.2.2 生长的土壤环境条件 据调查,海南重楼主要生存在次生林雨林下的沟谷旁阴湿生境中,土壤为砖红壤性黄壤(lateritic yellow soil),质地较粗,石砾含量高,呈酸性<sup>[17]</sup>。表土(根系所分布的 $0\sim 16\text{ cm}$ )富含有机质(表1),腐殖质高达5.70%,阳离子交换性能好(表2),生物循环强度0.77,属强烈-很强烈循环<sup>[14]</sup>,养分周转快。地表凋落物丰富,现存量达 $5.96\pm 0.91\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ ,年总凋落物达到7.71

$t \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ , 其中枯叶占70.7%, 枯枝占21.3%, 花果等杂物占8.0%; 凋落物中灰分含量为  $281.83 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ , 其中氮含量达  $84.39 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ , 凋落物养分充足<sup>[11]</sup>。表明海南重楼喜林下酸性并富含有机质的肥沃土壤。

表1 海南重楼生长土壤的养分特征<sup>1)</sup>  
Table 1 Soil nutrient features of habitats for *Paris dunniana* Lévl. population in Jianfengling forest region of Hainan Province<sup>1)</sup>

海拔/m Altitude	土壤深度	有机碳	全氮	全磷	全钾	全铁	pH	
							H <sub>2</sub> O	KCl
460	0-10	9.1	0.8	0.4	42.9	26.7	4.56	3.13
810	0-15	14.3	1.3	0.3	9.3	24.1	4.26	3.02
815	0-12	30.7	2.2	0.6	31.0	24.2	3.87	3.05

<sup>1)</sup> 土壤深度 Soil depth/cm; 有机碳 Organic carbon/ $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ; 全氮 Total N/ $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ; 全磷 Total P ( $\text{P}_2\text{O}_5$ )/ $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ; 全钾 Total K ( $\text{K}_2\text{O}$ )/ $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ; 全铁 Total Fe ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )/ $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$

表2 海南重楼生长土壤的阳离子交换性能<sup>1)</sup>  
Table 2 Soil cation exchangeable features of habitats for *Paris dunniana* Lévl. population in Jianfengling forest region of Hainan Province<sup>1)</sup>

海拔/m Altitude	土壤深度	阳离子交换量	盐基总量	代换性 H	代换性 $\text{Al}^{3+}$	盐基饱和度	粘粒 CEC
460	0-10	13.2	3.8	0.5	0.9	29	68
810	0-15	11.9	1.0	0.8	3.1	8	59
815	0-9	11.4	1.4	0.6	2.2	12	44
1160	0-12	14.0	0.9	0.5	3.6	7	75

<sup>1)</sup> 土壤深度 Soil depth/cm; 阳离子交换量  $\text{CEC}_7(+)$ / $\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ ; 盐基总量 Sum of base (+)/ $\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ ; 代换性  $\text{H}^+$  Exchangeable  $\text{H}^+$ / $\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ ; 代换性  $\text{Al}^{3+}$  Exchangeable  $\text{Al}^{3+}$ / $\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ ; 盐基饱和度 Base saturation/%; 粘粒 CEC CEC of clay (+)/ $\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$

2.2.3 海南重楼生长的植被环境条件 海南重楼主要分布在海拔400~1100 m的范围内,集中分布于600~900 m的热带山地雨林带内。由于该区域是尖峰岭林区过去几十年来的主要采伐区域,目前的森林是经过近几十年来自然恢复的次生林<sup>[12]</sup>,林龄30~40 a,整个森林垂直结构比较复杂。乔木层至少可分成3层,第1层以闽粤栲[*Castanopsis fissa* (Champ. ex Benth.) Rehd. et Wils.]、小叶白椎(*Castanopsis tonkinensis* Seem.)、山乌柏[*Sapium discolor* (Champ.) Muell-Arg.]、毛荔枝[*Nephelium topengii* (Merr.) H. S. Lo]、尖峰栲(*Castanopsis jiangfenglingensis* Duanmu)、香楠(*Cinnamomum ovatum* Allen.)、木荷(*Schima superba* Gardn. et Champ.)为常见种,高度在25~30 m,盖度为30%~40%;第2层主要由大叶白颜(*Gironniera subaequalis* Planch.)、广东钓樟[*Lindera kwangtungensis* (H. Liou) Allen]、黄

桐(*Endospermum chinense* Benth.)等组成,高度18~23 m,盖度30%~50%;第3层主要由东方琼楠(*Beilschmiedia tungfangensis* S. Lee et L. Lau)、黄藤[*Daemonorops margaritae* (Hance) Becc.]、汉氏蒲桃(*Syzygium hancei* Merr. et Perry)、杪椌(*Cyathea spinulosa* Wall.)以及上2层的树种等组成,高度8~15 m,平均盖度30%~40%;灌木层主要由九节木[*Psychotria rubra* (Lour.) Poir.]、刺轴桐(*Licuala spinosa* Thunb.)、假华箬竹(*Indocalamus pseudosinicus* McClure)、杪椌、燕尾葵(*Pinanga discolor* Burret)、弹弓藤(*Calamus rhabdocladus* Burret)、鸡藤(*Calamus tetradactyloides* Burret)、射毛悬竹[*Ampelocalamus actinotrichus* (Merr. et Chun) S. L. Chen]、罗伞(*Ardisia* Sw. sp.)、花椒(*Zanthoxylum bungeanum* Maxim.)等组成,平均高度2~5 m,盖度40%~50%。草本层稀疏,常见姜花属(*Hedychium* Koenig)、天南星属(*Arisaema* Mart.)以及冷水花属(*Pilea* Lindl.)植物,但在沟谷底部盖度常达20%~30%。附生植物主要由崖姜蕨[*Pseudodryaria coronans* (Wall.) Ching]、鸟巢蕨[*Neottopteris nidus* (L.) J. Sm.]、石仙桃(*Dischidia chinensis* Champ. ex Benth.)等组成。林下光照微弱、湿度大,只有喜阴湿的且适应性较广的种类才能生存。根据对该区原始林的调查,目前的热带次生林下光照较原始林弱,这种弱光环境可能不利于海南重楼开花。

### 2.3 海南重楼的种群特征

在所调查的10 km<sup>2</sup>范围内仅发现32株个体,在尖峰岭林区该种群个体密度仅为3.2株·km<sup>-2</sup>。海南重楼开花植株高度通常在1 m以上<sup>[2]</sup>,但对尖峰岭林区32株海南重楼个体的统计发现(图1),平均高度为70.6±37.2 cm,其中81%的个体低于100 cm,而低于80 cm的个体占75%以上,表明尖峰岭林区的海南重楼大部分可能不能开花。从种群繁殖来看,15.6%的个体从根部萌发2枝,其余均为单枝,32株个体中仅1株处于花期,3株曾开过花,87.5%的个体均未开花,而双枝的均未开花,表明双枝个体可能由于养分供应不集中而开花养分不足。从根茎长度来看,平均长度为10.5 cm,变幅范围4~20 cm;吸水根平均每株为23.8根,变幅在6~38之间。

海南重楼的叶轮生,从每株小叶数量结构来看,其小叶数为3~9片,而每枝在3~8片之间,平均为6.22±2.34片;65.7%的个体小叶数量在6或6片

以下,而 4~5 片的个体占 43.8%;只有 34.3%的个体小叶在 7 片或 7 片以上(图 2)。如果排除具 2 小叶的幼苗期个体,则 7 片或 7 片以上的个体仅占调查个体的 18.7%。据观察,重楼属植物只有当小叶在 7~8 片或以上时才可能开花,因而,尖峰岭的海南重楼植株开花概率可能不到 19%。

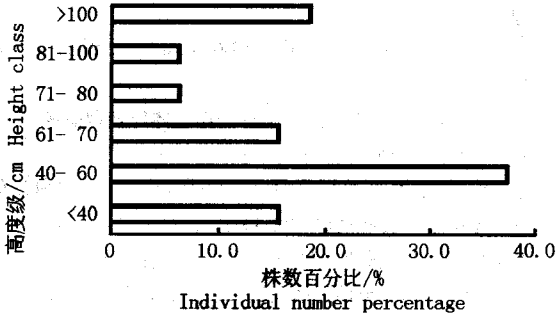


图 1 海南岛尖峰岭海南重楼种群的高度结构  
Fig. 1 Height structure of *Paris dunniana* Lévl. population in Jianfengling of Hainan Province

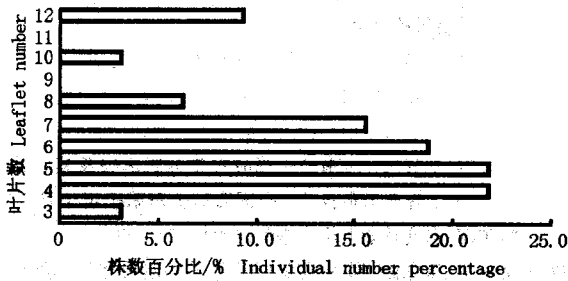


图 2 海南岛尖峰岭海南重楼种群单株叶片数量结构  
Fig. 2 Leaflet number composition of *Paris dunniana* Lévl. population in Jianfengling of Hainan Province

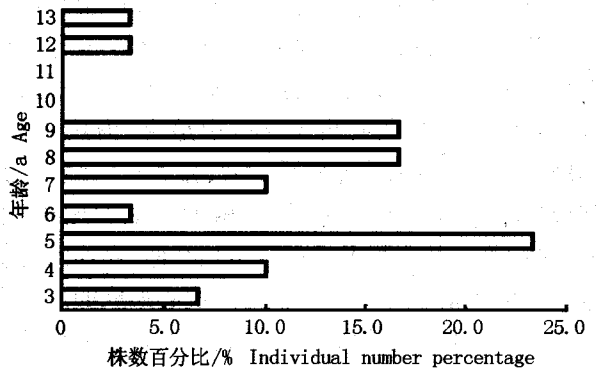


图 3 海南岛尖峰岭海南重楼种群年龄结构  
Fig. 3 Age structure of *Paris dunniana* Lévl. population in Jianfengling of Hainan Province

### 3 结论与讨论

据在尖峰岭国家级保护区的调查发现,海南重楼在 20 世纪 80 年代基本广布于该区森林中,虽然少有成片分布,但每个生境下种群数量至少在 5~10 株以上,一个沟谷尚可发现 20~30 株个体,到 20 世纪 90 年代数量急剧下降。目前海南重楼基本上处于局部孤立的散生状态,种群密度很小。估计在尖峰岭林区,海南重楼种群个体数量不足 3 000~4 000 株。据调查访问,1998-2002 年间海南省五指山、尖峰岭、霸王山和吊落山等几个主要保护区(分布区内)也发现海南重楼,均呈散生状态,很难采集,表明海南重楼在整个海南岛已经处于珍稀濒危的孤立散生状态。更令人担忧的是目前这些有限的个体中开花植株少,有性繁殖能力极弱,且未发现具无性繁殖的能力。从种群年龄结构判断,海南重楼种群已处于严重衰退状态。根据世界自然保护联盟制定的红皮书植物标准,海南重楼应该是 1 个珍稀种类,而其种群分布格局、种群数量、年龄结构、繁殖特点和生存状态也证明该种群正处于濒危状态。因此,作者认为海南重楼目前是 1 种典型的珍稀濒危药用植物,如果不加强保护,有迅速灭绝的可能。

从上述种群特征以及生存环境条件来看,海南重楼的珍稀濒危状况与其生存的森林及社会经济条件的变化是密不可分的。海南重楼作为林下阴湿生境条件下的散生植物,是海南省重要而广泛使用的民间乡土药用植物,民间采挖有很长的历史,长期的自发性采挖是海南重楼种群急剧衰退的最根本原因。尖峰岭林区的森林大规模开发可追溯到 20 世纪 30 年代,当时已有铁路进入林区进行热带林的开

一般认为,重楼属植物根茎迹间有环状的类似节样结构,其年龄可根据茎节的数量来判断,一般 1 节为 1 a,节数就是其年龄数。从 32 株个体的年龄统计来看(图 3),尖峰岭海南重楼个体年龄在 3~14 a 之间,平均  $7 \pm 3$  a。缺失 3 a 以下的幼年个体。大多数个体的年龄在 4~5 a 和 7~9 a,分别占调查株数的 33.3% 和 43.7%,缺乏 10~11 a 的个体。尖峰岭海南重楼种群年龄结构呈缺失的不正常的“菱”型,种群处于衰退状态。

此外,通过对获得的数据分析发现,海南重楼的植株年龄与其小叶片数量呈显著的相关性(Pearson 相关系数为 0.963,  $P < 0.001$ ),植株高度与年龄的相关性显著(Pearson 相关系数为 0.957,  $P < 0.001$ );植株高度与叶片数量的相关性也非常显著(Pearson 相关系数为 0.974,  $P < 0.001$ )。

采。而解放后的森林大规模采伐则是从1956年成立森工局开始的,直至1991年,该区森林年均消减率高达1.78%<sup>[7]</sup>,62.3%的热带森林遭到采伐,据调查,采伐的区域主要集中于中山地带(海拔300~1000 m)。大面积的森林采伐后,接着进行烧山,除部分地段进行了人工更新外(树种为加勒比松、柚木、桉树等),其余均形成次生灌丛林地,目前海南重楼生存的大面积的次生林就是采伐后形成的迹地灌丛靠自然更新恢复形成的。因此原始林的采伐及烧山直接破坏了海南重楼种群及其生存环境,是目前海南重楼种群生存状况恶化的另一个重要原因。另外,该区是我国黎族的主要聚居区,传统的刀耕火种(游耕)方式也是海南重楼种群生存状况恶化的不可忽视的原因之一。20世纪50-60年代,刀耕火种的区域主要集中在低海拔区域<sup>[7]</sup>,而20世纪80年代到90年代,已经发展到海拔500~700 m的区域。刀耕火种的游耕农业开发、国家计划性商业采伐导致热带雨林的大面积破坏不仅引起林区生态环境的急剧恶化<sup>[19]</sup>,更直接导致了海南重楼种群及其生存环境的不断丧失和破碎化,加剧了种群生存的困难。

要有效保护海南重楼则需要严禁采挖,也需要保护其所生存的热带雨林,更重要的是需要采取人工措施,进行积极的种群恢复性保护。为此,本文提出如下对策。第一,从目前该种群生存状况来看,建议国家和海南省尽快将海南重楼增补入国家或省的濒危植物保护名录。这不仅有利于社会的关注和重视,更重要的是赋予各级林业部门、保护机构根据珍稀濒危植物保护条例所赋予的法律性保护权利,强化法制性保护,与非法采挖活动作斗争;第二,在各保护区,针对还存在的海南重楼个体集中的沟谷生境,实施重点保护战略,强化海南重楼生存小区的核心保护,杜绝采挖;第三,通过人工措施,优化其生存环境,开展生境恢复,并通过野外栽培繁殖,扩大种群数量,减少种群灭绝威胁。当地药农将海南重楼移栽到村寨附近进行栽培的成功实践已经表明,在保护区内的适宜地段进行海南重楼的迁地种植、集中繁殖保护也是一条可行的保护措施。

致谢:野外调查工作得到中国林业科学研究院热带林业研究所李意德研究员、尖峰岭国家级自然保护区陈焕强、蒋忠

亮等诸位同志的大力支持和协助,特此一并致谢!

#### 参考文献:

- [1] 李恒. 重楼属系统发育探讨[J]. 云南植物研究, 1984, 6(4): 351-362.
- [2] 李恒. 重楼属分类研究[J]. 植物研究, 1986, 6(1): 109-144.
- [3] Hara H. Variation in *Paris polyphylla* Smith, with reference to other Asiatic species[J]. J Fac Univ Tokyo, 1969, Sec III, 10(10): 141-180.
- [4] Takhtajan A. A revision of *Daiswa* (Trilliaceae)[J]. Brittonia, 1983, 35(3): 255-270.
- [5] 顾志建, 纳海燕. 重楼属8个种的染色体的核型研究[J]. 云南植物研究, 1986, 6(4): 467-470.
- [6] 李恒, 陈昌祥, 丁靖凯. 重楼属植物的化学成分、地理分布及资源评价[J]. 云南植物研究, 1988, 10(增刊1): 38-46.
- [7] 李意德. 尖峰岭热带林物种多样性及其保护对策[A]. 盛伟彤, 徐孝庆. 森林环境持续发展学术讨论会论文集[C]. 北京: 中国林业出版社, 1994. 71-74.
- [8] 陈灵芝. 中国生物多样性现状及其保护对策[M]. 北京: 科学出版社, 1992. 180-197.
- [9] 蒋有绪, 卢俊培. 海南岛尖峰岭热带林生态系统研究[M]. 北京: 科学出版社, 1991.
- [10] 曾庆波, 丁美华. 尖峰岭热带森林垂直带的生态气候学分析[A]. 林业部科技司. 中国森林生态系统定位研究[M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1994. 687-695.
- [11] 卢俊培, 刘其汉. 海南岛尖峰岭热带林凋落物及其分解过程研究[A]. 林业部科技司. 中国森林生态系统定位研究[M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1994. 178-191.
- [12] 黄全, 李意德. 海南岛尖峰岭热带山地雨林采伐迹地更新群落的初步分析[A]. 林业部科技司. 中国森林生态系统定位研究[M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1994. 696-705.
- [13] 吴仲民, 卢俊培, 杜志郁. 海南岛尖峰岭热带山地雨林及其更新群落的凋落物与贮量[J]. 植物生态学报, 1994, 18(4): 306-313.
- [14] 李意德. 海南岛尖峰岭热带山地雨林的群落结构特征[J]. 热带亚热带植物学报, 1997, 5(1): 18-26.
- [15] 李意德, 吴仲民, 曾庆波, 等. 尖峰岭热带山地雨林生态系统碳平衡的初步研究[J]. 生态学报, 1998, 18(4): 371-378.
- [16] 陈步峰, 林明献, 李意德, 等. 尖峰岭热带山地雨林生态系统的水文生态效应[J]. 生态学报, 2000, 20(3): 423-429.
- [17] 黄成敏, 龚子同. 海南岛尖峰岭地区山地土壤发生特性[J]. 山地学报, 2000, 18(3): 193-200.
- [18] 黄世能, 张宏达, 王伯荪. 海南岛尖峰岭地区种子植物区系组成及其地理成分研究[J]. 广西植物, 2000, 20(2): 97-106.
- [19] 卢俊培, 曾庆波. 海南岛尖峰岭游耕农业及热带林采伐的生态后果[A]. 林业部科技司. 中国森林生态系统定位研究[M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1994. 789-797.