

三峡库区稀有濒危植物异地保护 群落设计的初步研究^{*}

叶其刚 王 畅 王诗云
(中国科学院武汉植物研究所 武汉 430074)

提 要 提出了建造群落异地保护三峡库区稀有濒危植物的方法。从地点选择、面积确定、物种组成和群落结构等方面探讨了异地保护群落设计的原理和方法。根据对三峡库区及其附近的残存稀有濒危植物群落的调查, 选择九宫山自然保护区的一个独特生境, 设计了一个面积约 3 000 m², 优势种为珙桐(*Davidia involucrata*)、金钱槭(*Dipteronia sinensis*)、水青树(*Tetracentron sinensis*)和银鹊树(*Tapiscia sinensis*)的异地保护群落。群落中有 35 种三峡库区稀有濒危植物和 70 余种其他植物。群落结构和种群格局将随群落中的植株生长而逐步地完善。
关键词 三峡库区, 稀有濒危植物, 异地保护群落

A PRELIMINARY STUDY ON THE DESIGN OF A COMMUNITY FOR *EX SITU* CONSERVATION OF THE RARE AND ENDANGERED PLANTS IN THE THREE GORGE RESERVOIR AREA

Ye Qigang Wang Chang Wang Shiyun
(Wuhan Institute of Botany, The Chinese Academy of Sciences Wuhan 430074)

Abstract A method for constructing a community for *ex situ* conservation of the rare and endangered plants in the Three Gorge Reservoir Area was proposed. The principles and methods of choosing habitat and determining area, species component and community structure were discussed. According to the results of investigation of the archaic and relict communities of the rare and endangered plants in the Three Gorge Reservoir Area and its adjacent area, a community for *ex situ* conservation in a unique habitat of Jiugongshan Nature Reserve was designed. The community area was about 3 000 m² and dominant species were *Davidia involucrata*, *Dipteronia sinensis*, *Tetracentron sinensis* and *Tapiscia sinensis*. There were 35 species of the rare and endangered plants of the Three Gorge Reservoir Area and more than 70 species of other plants in the community. The community structure and the patterns of plants populations will be developed step by step with the growth of the plants in the community.
Key words The Three Gorge Reservoir Area, Rare and endangered plants, Community for *ex situ* conservation

收稿日: 1998-12-31, 修回日: 1999-05-26。第一作者: 男, 1968 年出生, 助理研究员(硕士), 从事稀有濒危植物的保护研究。
^{*} 国家自然科学基金资助项目(编号: 39470086)。

三峡库区及其附近地区存在着—类特殊的植物群落。群落中有数种甚至几十种古老、子遗、稀有濒危植物集中生长在一起,整个群落以这些稀有濒危植物为优势种,如鄂西的五峰、宜昌、鹤峰、利川、湘西北的永顺、石门等地都存在着这样的群落,我们把这类群落称为“残存的稀有濒危植物群落”。这类群落中的稀有濒危植物正是三峡库区内分布的种类。他们在长期“自然选择,适者生存”的生物竞争中得以保存下来。其原因除了具独特的自然环境条件外,他们能群聚在一起,相互依存,对相同的土壤和环境能很好的适应,也由于群落组成上的良好结构而形成的整体优势^[1]。受此启示,我们提出建造群落异地保护三峡库区稀有濒危植物种质资源的设想,并把这样的群落称为“异地保护群落”。笔者根据野外实地调查的结果和应用群落生态及生物多样性的有关理论,具体设计了一个三峡库区稀有濒危植物的异地保护群落,并拟在鄂南九宫山自然保护区付诸实现。

1 异地保护群落的地点选择

1.1 选择依据

(1) 气候相似: 地点的选择,首先要保证植物个体的成活,20世纪初德国慕尼黑大学迈依尔所提出的“气候相似论”,可作参考。他认为“木本植物引种成功的最大可能性是在于树种原产地和新栽培区的气候条件有相似的地方”。气候条件主要是指光、温、水、湿,即植物个体生态的适应要求^[2]。

(2) 生境相似: 由于同种植物不同遗传类型的植株,可能对独特的生境有一定的依赖性,所以,为了使异地保护的三峡库区稀有濒危植物尽可能地避免驯化,以保持其原有的遗传特性,选择与植物在原产地生长相似的生境是很重要的。

(3) 工作的可能性及便利性: 由于群落的建造是项实践性很强的工作,必须考虑在选择地点实际工作的可能性及便利性,如是否具有较为便利的交通,当地领导和群众是否支持等。

(4) 异地保护群落与当地植被相互影响最小: 群落的建造,必然会带来对选择地点当地植被的影响;反过来,当地植被也会造成对异地保护群落的影响。如何把这种相互影响减少到最小程度,也是选择地点时需考虑的。

(5) 有一定保卫条件: 异地保护群落要尽量地避免人为及动物等的破坏,需要选择有一定保卫条件的地点。

(6) 有利于科普宣传: 为了使科研成果能带来一定的经济和社会效益,选择地点若能结合旅游、便于科普宣传则更佳。

1.2 具体地点选择

根据多方面条件的综合考虑,选择气候属中亚热带,且同属长江流域的湖北九宫山自然保护区作为异地保护群落的地点。该保护区位于幕阜山脉中段北坡,29°20′~29°26′N,114°31′~114°32′E。境内南高北低,高差悬殊,海拔200~1656.7m,坡度20~50°。气候冬冷夏凉,年平均气温14.3℃,极端温度为37.5℃和-15.3℃。年降雨量为1800mm,相对湿度80%~90%,成土母岩主要为花岗岩和花岗片麻岩,土壤呈垂直分布,依山体从下向上依次出现红壤、山地黄红壤、山地黄棕壤和山地矮灌草甸土4个类型。土层厚一般

20~50 cm,富含有机质,pH值一般在5左右¹⁾。其自然环境条件与残存的稀有濒危植物群落分布的自然环境条件大体上相似。

选择九宫山自然保护区作为异地保护群落地点,还因为交通便利,距武汉仅180 km;有专职的护林保卫力量;保护区各届领导和群众对稀有濒危植物的保护都十分支持和关心。中国科学院武汉植物研究所在此已有十余年的工作历史,建有中国珍稀濒危植物九宫山保护基地。实践证明,大多数三峡库区稀有濒危植物在此生长良好⁶⁾。

具体的生境选择在海拔600 m左右的金鸡石附近的沟谷一侧。它类似自然残存的稀有濒危植物群落的生境,四面环山,狭长沟谷一侧有溪流经过,空气湿度大,坡度25~35°;土壤中含大量的砾石,土壤腐殖质层较厚,也有一些自然衰老死亡的树木,树干被满苔藓。该地距保护区管理所不远,工作便利且位于旅游线路,有利于科普宣传。不足之处,海拔较低。若地点能选择在海拔800~1 000 m左右的大岩头附近,则更接近残存群落的海拔高度。但此地交通不便,会给工作带来很大困难,故未选择。实践证明,三峡库区许多稀有濒危植物如珙桐(*Davidia involucrata*)、金钱槭(*Dipteronia sinensis*)、水青树(*Tetracentron sinensis*)和银鹊树(*Tapiscia sinensis*)等在九宫山自然保护区低海拔地带的金家田(海拔500 m左右)、金鸡石(海拔700 m左右)附近都能生长良好,因此,选择该处为异地保护群落建造地点是可行的。从异地保护群落的建造对本地植被的破坏来看,选择此地点也是非常适合的。因该点植被主要是以君迁子(*Diospyros lotus*)为优势种的次生林,而且局限在一个狭小的沟谷中,异地保护群落的建造不会给本地自然植被带来严重的影响。

2 异地保护群落的面积确定

2.1 确定面积的依据

确定面积主要依据以下4点:①至少要满足生态学上的最小面积⁶⁾。异地保护群落的面积至少需要满足能反映残存群落特征的最小面积。②满足主要优势种种群及其他植物生长所需求的生存空间。③对本地植被不会造成危害。④结合当地实际的地点地形。

2.2 面积的实际确定

根据对野外残存的稀有濒危植物群落的调查,800 m²已能充分反映群落的基本特征,并且包括了整个残存群落中大部分的稀有濒危植物种类,所以需要满足的最小面积至少是800 m²。根据最小可存活种群理论,假定群落中有4个主要优势种,每种最小可存活种群为50株,则共有200株;每株占地4~6 m²,则共需800~1 200 m²的面积。加上其他树种,1 600~2 400 m²的面积是值得考虑的。根据我们选择的实际生境的地形特点,正好由山体、溪流、瀑布围成了一个面积大约为4 000 m²的区域,按实际可利用的面积,确定异地保护群落面积约为3 000 m²。

3 异地保护群落的组成与结构

3.1 群落组成与结构的设计要求

群落的组成与结构的设计要满足保护三峡库区重要稀有濒危植物物种及其遗传多样

1) 通山县九宫山自然保护区管理处。湖北通山县九宫山省级自然保护区晋升国家级自然保护区申报材料。1996。

性的要求。不仅要保证不同物种不同发育阶段的植株生长所要求的条件,使其能正常繁育,最终达到从种子到种子的自行繁衍;还需保证整个群落的稳定性及不同植物间的相互协调性,对群落中的主要优势种种群能保证其持续稳定地发展,且能基本上保持其遗传组成与遗传结构的稳定。

群落的建造和形成是一个动态的过程,群落的组成与结构会发生相应的变化。所以,在异地保护群落的设计中,要注意动态平衡的观点。

3.2 群落的物种多样性与稳定性的关系

群落的物种多样性与稳定性之间相互关系问题,目前尚存在不少争论^[6~10]。我们选择了鄂西五峰后河一个残存的稀有濒危植物群落 1 400 m² 的样地,对其中的 41 个树种进行种间关联的 χ^2 分析表明,种间无关联或关联不显著,而该群落的物种组成较丰富,且被认为可能是第三纪以来残存至今的古植被的子遗群落,从种类组成和群落结构来看,都较稳定^[11]。据此,在确定异地保护群落的物种组成时,一方面要尽量地选择种间无关联的物种,另一方面要根据野外实际调查结果,保证一定的物种多样性。

3.3 异地保护群落的物种组成与数量确定

3.3.1 物种组成

对湖北省五峰后河省级自然保护区的一个面积为 37.5 hm² 的残存稀有濒危植物群落的调查发现,该群落由 300 多种维管束植物组成,其中乔木 70 余种,灌木和藤本 120 多种,古老、子遗、稀有濒危植物 10 余种^[11]。对五峰后河一个 1 400 m² 的样地实地调查发现,乔木树种 41 种,其中稀有濒危树种就有 14 种。稀有濒危植物在其他各样地中分布情况为:壶瓶山 1 600 m² 的样地中有 9 种;大老岭和木林梓各 6 400 m² 的样地,分别有 13 种和 12 种。珙桐、水青树、连香树(*Cercidiphyllum japonicum*)、银鹊树、白辛树(*Pterostyrax psilophyllus*)、香果树(*Emmenopterys henryi*)、金钱槭(*Dipteronia sinensis*)、天师栗(*Aesculus wilsonii*)、青钱柳(*Cyclocarya paliurus*)等稀有濒危树种常常同时出现在不同地点的同一群落中,而且这些种大多以建群种、优势种或共优种的形式出现;而其他树种如闽楠(*Phoebe bournei*)、篦子三尖杉(*Cephalotaxus oliveri*)、青檀(*Pteroceltis tatarinowii*)、领春木(*Euptelea pleiosperma*)、伯乐树(*Bretschneidera sinensis*)、华榛(*Corylus chinensis*)等则一般以伴生种的形式存在。

残存的稀有濒危植物群落中,非稀有濒危植物种类有一个突出的现象是槭树科的植物种类较多。由于我们建造群落的目的是保护三峡库区的稀有濒危植物,故在种类组成上以稀有濒危植物为主。槭树科植物主要以稀有植物金钱槭来代替。其他非稀有濒危植物则不专门引种,而暂保留部分九宫山自然保护区当地植物作为群落物种组成的一部分。此外,为增加群落的物种多样性,并充分利用土地资源,适当加入一些其他非三峡库区的稀有濒危植物。这样,在种类组成上主要包括以下 4 类植物。

(1) 残存的稀有濒危植物群落中存在的稀有濒危植物种类:主要有珙桐、光叶珙桐(*Davidia involucrata* var. *vilmoriniana*)、水青树、金钱槭、领春木、连香树、银鹊树、白辛树、伯乐树、闽楠、楠木(*Phoebe zhennan*)、香果树、紫茎(*Stewartia sinensis*)、华榛、篦子三尖杉、青檀等。

(2) 三峡库区中分布的其他稀有濒危植物种类:主要有杜仲(*Eucommia ulmoides*)、

鹅掌楸 (*Liriodendron chinense*)、厚朴 (*Magnolia officinalis*)、山白树 (*Sinowilsonia henryi*)、伞花木 (*Eurycorymbus cavaleriei*)、巴东木莲 (*Manglietia patungensis*)、七子花 (*Heptacodium miconioides*)、猬实 (*Kolkwitzia amabilis*)、红豆树 (*Ormosia hosiei*)、福建柏 (*Fokienia hodginsii*)、黄连 (*Coptis chinensis*)、野大豆 (*Glycine soja*)、长瓣短柱茶 (*Camellia grijsii*)、穗花杉 (*Amentotaxus argotaenia*)、黄杉 (*Pseudotsuga sinensis*)、八角莲 (*Dysosma versipellis*)、水杉 (*Metasequoia glyptostroboides*)、银杏 (*Ginkgo biloba*)、金钱松 (*Pseudolarix amabilis*)、裸芸香 (*Psilopeganum sinensis*) 等。

(3) 九宫山自然保护区群落建造地当地植物: 主要有君迁子、苦木 (*Picrasma quassioides*)、包石栎 (*Lithocarpus cleistocarpus*)、刺楸 (*Kalopanax davidii*)、杉木 (*Cunninghamia lanceolata*)、漆树 (*Toxicodendron verniciflua*)、青冈栎 (*Cyclobalanopsis glauca*)、绵柯 (*Lithocarpus henryi*)、牛筋树 (*Lindera glauca*)、光枝楠 (*Phoebe neuranthoides*)、薄叶润楠 (*Machilus leptophylla*)、华中樱桃 (*Cerasus conradinae*)、桧木 (*Eurya japonica*)、三尖杉 (*Cephalotaxus fortunei*)、箬叶竹 (*Indocalamus longiauritus*)、木 (*Loropetalum chinense*)、茶树 (*Camellia sinensis*)、朱砂根 (*Ardisia crenata*)、芒麻 (*Boehmeria nivea*)、冷水花 (*Pilea notata*)、淡竹叶 (*Lophatherum gracile*)、黄精 (*Polygonatum sibiricum*)、寒莓 (*Rubus buergeri*)、络石 (*Trachelospermum jasminoides*)、崖爬藤 (*Tetrastigma obtectum*)、大血藤 (*Sargentodoxa cuneata*)、鳞毛蕨 (*Dryopteris* sp.)、蹄盖蕨 (*Athyrium* sp.) 等 60 余种。

(4) 非三峡库区的稀有濒危植物: 主要有浙江楠 (*Phoebe chekiangensis*)、天目木姜子 (*Litsea auriculata*)、舟山新木姜子 (*Neolitsea sericea*)、银木 (*Cinnamomum septentrionale*)、油杉 (*Keteleeria fortunei*)、长果秤锤树 (*Sinojackia dolichocarpa*)、扩叶女贞 (*Ligustrum expansum*)、长柄双花木 (*Disanthus cercidifolius* var. *longipes*)、黄檗 (*Phellodendron amurense*)、丽江铁杉 (*Tsuga forrestii*) 等。

整个异地保护群落中有 35 种三峡库区稀有濒危植物和 70 余种其他植物。

3.3.2 优势种的确定

根据对残存群落的调查, 主要参照五峰后河的一个水青树、金钱槭、水青冈 (*Fagus longipetiolata*) 和珙桐群落, 确定异地保护群落的优势种和共优种为珙桐、金钱槭、水青树、银鹊树。

实际上, 由于大的立木引种困难, 在群落建造初期, 稀有濒危植物只是些小苗, 故群落仍以本地非稀有濒危植物作为临时优势种, 由他们构成整个群落的外貌结构。这里所确定的优势种是指未来建成后的稀有濒危植物异地保持群落的优势种, 主要以数量的多少来体现。

3.3.3 数量确定

优势种或共优种数量的确定, 主要根据一个物种遗传多样性保护所要求的最小可存活种群理论。但总的说来, 目前还没有成熟的方法和可被广泛接受的准则来确定植物的最小可存活种群 (MVP)。我们参照有关学者的研究^[2-14], 结合野外实地调查计算出的物种多度, 暂定优势种珙桐、金钱槭数量在 50 株左右; 共优种水青树、银鹊树为 20 株左右; 其他稀有濒危植物数量在 10 株左右或更少; 草本植物 200 株左右。

3.3.4 群落的密度

根据对五峰后河残存稀有濒危植物群落的调查,群落中乔木总密度为 0.22 株/m^2 ,即约每 5 m^2 有1株乔木。设计时,以株行距为 $2 \sim 4 \text{ m}$ 来安排植株,在幼苗阶段,可适当增加定植密度。具体情况,应根据野外实际地形作灵活处理。

3.4 异地保护群落的结构

3.4.1 垂直结构

以五峰后河为例,残存的稀有濒危植物群落的垂直结构主要由乔木层(分2层)、灌木层和草本层等组成。异地保护群落垂直结构的形成是一个动态的过程。群落建造地当地的非稀有濒危植物在群落建造初期,起着至关重要的作用,经适当疏伐后,基本上保留当地群落的垂直结构不变;新定植的稀有濒危植物小苗在群落中实际上只是充当了灌木层和草本层的角色。

据实地调查,异地保护群落建造地植物群落主要是以君迁子为优势种的常绿阔叶林,乔木层也分2层,乔木1层高约 $10 \sim 16 \text{ m}$,主要种类有君迁子、苦木、包石栎、刺楸、杉木等;乔木2层高约 $5 \sim 10 \text{ m}$,主要种类有漆树、青冈栎、绵柯、牛筋树、光枝楠、薄叶润楠、华中樱桃、枹木等;灌木层主要有茶树、三尖杉、箬竹、木等;草本层以冷水花、淡竹叶、苎麻、寒梅、朱砂根、鳞毛蕨、蹄盖蕨等为主。前期,先对当地植物进行适当的疏伐,为稀有濒危植物提供合适的生态位。随着稀有濒危植物的生长再逐渐地去枝、疏伐,最终形成以稀有濒危植物为主并与当地植物协调发展的群落结构。稀有濒危植物在群落中作为乔木层的主要有银鹊树、珙桐、金钱槭、水青树、天师栗、白辛树等,灌木层主要有长瓣短柱茶、猬实、篦子三尖杉、七子花等,草本层则主要以黄连、裸芸香、野大豆等为主。

乔木稀有濒危植物的种群结构在群落建造初期因无法满足不同年龄级的个体要求,故需要采用分期分批定植的方案;在植物不断生长过程中逐步完善各种群的年龄结构,最终主要优势种种群年龄结构应为稳定型或增长型结构。

3.4.2 水平布置

稀有濒危植物在群落中的布置主要以五峰后河残存的稀有濒危植物群落为“样板”,同时参照木林梓、壶瓶山、星斗山、大老岭等地的稀有濒危植物群落。根据野外调查的结果,详细分析群落中各个种的多度、频度、显著度;由此计算出各个种的重要值,并分析各种间关联情况,不同立木级的密度及重要种的分布格局等,为物种布置提供依据,具体处理如下。

(1) 根据在九宫山自然保护区选定的异地保护群落的样地大小、形状,把样地分成若干相邻的 $5 \text{ m} \times 5 \text{ m}$ 的小样方(见图1)。

(2) 根据重要值大小顺序,逐种定位到相应的小样方中,每种定位按以下程序:a) 根据该种的频度,算出该种分布的样方数,根据残存群落定位图,结合异地保护群落样地实际情况,确定该种所在样方在图1中相应的位置;b) 根据该种的多度或前面确定的最小可存活种群数,确定整个群落中该种的株数;c) 根据种群分布格局,具体参照残存群落定位图及异地保护群落样地实际情况,确定该种在各样方中应定植的株数。

残存群落中不存在的稀有濒危植物种的安排,可根据同种、同属、落叶、针叶树种的对应来替换原残存群落中的非稀有濒危植物种类。对五峰后河残存的稀有濒危植物群落内

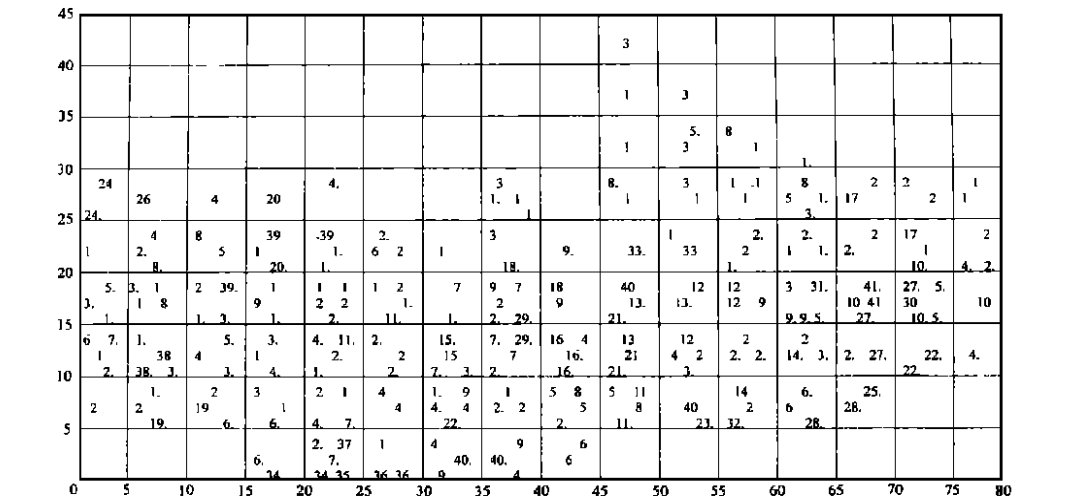


图 1 稀有濒危植物在异地保护群落中的分布

Fig. 1 Distribution of the rare and endangered plants in the community for ex situ conservation

的种间关联分析表明: 群落内各物种间无关联或关联不显著, 不能为物种间的配置提供依据。主要还是根据各物种本身的生态-生物学特性, 为其寻找合适的生态位。以下以主要优势种为例。

珙桐: 调查中发现, 珙桐的基部萌生能力强, 每个果实中含有几颗种子, 通常可萌发出 2~3 株苗。这就造成了珙桐小规模范围内明显的群聚, 而群聚有利于幼苗本身抵抗不良环境条件。故在安排珙桐时, 可采用群聚的分布格局。珙桐果实大而重, 它一般生长在坡度较大且傍有溪流的地方。这样, 珙桐种子的传播一方面可通过种子自身重量沿坡滚动来传播。另一方面也可借助溪流来传播。在设计时, 可沿坡及溪流方向布置珙桐。珙桐幼苗生长需要一定的光照条件, 但不能强光直射, 需要一定的荫蔽和湿度, 故宜定植在疏林下大树旁。

金钱槭: 调查中发现, 金钱槭在整个群落中分布范围较广, 这与其种子的特性有关。金钱槭种子轻, 且边缘有翅, 能随风传播, 其分布格局也是群聚分布。金钱槭是一种耐荫植物, 可安排在较荫蔽的环境下, 且尽量分散到群落各处。

水青树: 种子细小, 萌发后成苗率很低, 幼苗常生长在枯倒木的苔藓上或岩石缝中能躲避雨水直接冲刷的地方; 水青树对湿度要求较大, 可安排在溪水旁或有一定荫蔽、湿度大的地方。在植株生育阶段, 可适当创造种子萌发及幼苗生长所需的条件。

银鹊树: 是一种偏阳性的速生树种, 一般前期生长较快, 宜安排在林窗下, 并可适当分散到群落各处, 使它能较快地成为群落的上层乔木, 以取代其他上层的非稀有濒危植物种。

随着乔木稀有濒危植物的生长, 需逐渐通过修剪作为其荫蔽大树的枝条, 直到完全清除荫蔽大树, 来满足稀有濒危植物不同年龄阶段植株对环境条件的要求。

草本植物如裸芸香、野大豆等, 宜大量群聚定植, 以形成群体优势, 增强其竞争能力, 否则很难竞争过当地杂草。

4 结语和讨论

对三峡库区稀有濒危植物遗传种质的保护, 不仅要满足植物种群数量上的要求。而且需要在充分研究三峡库区这些物种的种群遗传结构的基础上, 采用多基因库采集方案来满足物种遗传多样性保护的要求。所以, 在选择群落建造地的生境和在植物生长动态过程中, 逐步调整群落结构和种群年龄结构及格局时, 不仅要考虑满足植物个体成活所需要的条件, 还需要考虑创造合适的生态位, 以满足同种植物不同发育阶段及不同遗传类型植株所依赖的独特生境的需要。使一个物种不仅能完成其从种子到种子的生活史, 并且能尽量保持其遗传组成和结构的稳定; 同时, 还需要满足物种长期稳定发展与其他物种间协调发展的需要。只有当满足了以上需要的环境与群落构成时, 才能真正达到长期有效保护三峡库区稀有濒危植物的目的, 这项任务是十分复杂和艰巨的。

由于群落与其环境有不可分割的关系, 构成了复杂的生态系统, 要在充分研究系统的各种成分及其相互关系后, 再行设计建造群落, 是不现实的。如若这样, 库区稀有濒危植物及其遗传多样性可能在尚未充分研究之前就已丧失了。因此, 虽有许多关系尚未充分研究, 但为赶在库区贮水之前进行抢救性保护, 我们设计了这样一个尚不很成熟的异地保护群落, 并将其付诸实现。

事实上, 三峡库区稀有濒危植物异地保护群落的设计, 很大程度上是在结合有关理论的基础上, 以三峡库区及其附近残存的稀有濒危植物群落作为参照的“样板”来模拟设计的。结合具体的实践经验, 在处理某些具体的问题上(如物种组成、优势种的数量确定、群落的结构等)都应带有较大的灵活性。因此, 在群落建造的实践过程中, 可围绕长期有效保护的目的, 作出相应的调整。

参 考 文 献

- 1 许天全. 鄂西南山地的珍贵稀有植物. 武汉植物学研究, 1984. 2(2): 275 ~ 282
- 2 谢孝福编著. 植物引种学. 北京: 科学出版社, 1994.
- 3 王诗云, 赵子恩, 彭辅松等编著. 华中珍稀濒危植物及其保存. 北京: 科学出版社, 1995.
- 4 王伯荪编. 植物群落学. 北京: 高等教育出版社, 1987.
- 5 赵志模, 郭依泉编著. 群落生态学原理与方法. 重庆: 科学技术文献出版社重庆分社, 1990.
- 6 黄建辉. 生态系统内的物种多样性对稳定性的影响. 见: 中国科学院生物多样性委员会编. 生物多样性研究的原理

与方法. 北京: 中国科学技术出版社, 1994. 178 ~ 191

- 7 McN aughton S J. Diversity and stability. *N ature*, 1988, 333: 204 ~ 205
- 8 MacArthur R. Fluctuations of animal populations, and a measure of community stability. *Ecology*, 1955, **60**: 1 098 ~ 1 102
- 9 May R M . Stability and Complexity in Model Ecosystems (2nd ed.). Princeton: Princeton University Press, 1974.
- 10 Goodman D. The theory of diversity-stability relationships in ecology. *Q Rev Biol*, 1975, **50**: 237 ~ 266
- 11 王万贤, 傅运生, 杨毅等. 鄂西南后河自然保护区植物区系研究. 武汉植物学研究, 1997, **15**(4): 353 ~ 362
- 12 Soulé M E, Wilcox B A eds. Conservation Biology: An Evolutionary-Ecological Perspective. Sunderland and Mass: Sinauer Associates, 1980. 135 ~ 149
- 13 Soulé M E ed. Conservation Biology: The Science of Scarcity and Diversity. Sunderland Mass: Sinauer Associates, 1986.
- 14 许再富著. 稀有濒危植物迁地保护的原理与方法. 昆明: 云南科技出版社, 1998. 60