

海南岛野生兰科植物多样性及其保护 区域的优先性

余文刚^{1 2 3} 罗毅波^{1 *} 金志强²

(1 中国科学院植物研究所系统与进化植物学重点实验室 北京 100093)

(2 中国热带农业科学院热带作物生物技术国家重点实验室 海口 571101) (3 华南热带农业大学 海南儋州 571737)

摘 要 兰科是显花植物中的一个大类群,世界约有 800 属 25 000 种,全世界所有野生兰科植物均被列入《濒危野生动植物物种国际贸易公约》的保护范围,是植物保护中的“旗舰”类群。中国是野生兰科植物最重要的多样性中心之一,约有 171 属 1 247 种。作为中国的典型热带地区,海南岛具有丰富的野生兰科植物资源。该文系统地收集和整理了海南岛野生兰科植物资源信息,以海南岛 19 个行政县为基本分布区,构建海南岛野生兰科植物数据库,采用特有性简约分析(Parsimony analysis of endemism)和互补分析(Complementarity analysis)两种方法,探讨海南岛野生兰科植物多样性保护的最低保护区组合和区域保护优先序问题。结果表明:海南岛约分布有野生兰科植物 77 属 202 种(30 个中国特有种),其多样性保护的关键区域为南部和西南部地区;基于物种相似性,两个区域被建议作为优先保护区域:一个是以保亭、三亚和陵水为代表的区域,另一个区域以昌江和乐东为代表;基于互补性原理,最低保护区组合为 10 个分布区,按照其保护优先序依次排列为保亭、三亚、五指山、陵水、白沙、乐东、琼中、东方、昌江和琼山等地,其中陵水、保亭、琼中、乐东、三亚和五指山等 6 个分布区就包含了 30 个特有科在内。我们认为,基于海南岛野生兰科植物建立优先保护区域,利用有限的资源达到最优的保护,是一个较为合理、科学和高效的保护策略。
关键词 特有性简约分析 互补分析 最低保护区组合 优先地区 生物多样性 保护

STUDY ON SPECIES DIVERSITY AND PRIORITY AREA OF WILD OROHIDS IN HAINAN ISLAND

YU Wen-Gang^{1 2 3} LUO Yi-Bo^{1 *} and JIN Zhi-Qiang²

(1 Laboratory of Systematic and Evolutionary Botany, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China)

(2 The National Key Biotechnology Laboratory for Tropical Crops Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Haikou 571101, China)

(3 South China University of Tropical Agriculture, Danzhou, Hainan 571737, China)

Abstract Background and Aims Orchidaceae is one of the largest families of flowering plants, and China is one of its most important centers of diversity, with 171 genera and about 1 247 species. Wild species of this family are considered as a key group for plant conservation. Because we cannot preserve all biota in all areas of distribution, conservation priorities must be set and a minimum number of distribution areas needed to preserve the greatest amount of biodiversity possible must be evaluated. Hainan Island is considered as a typical area in China with a high diversity of wild orchids. Previous studies on Hainan Island have focused on investigations of wild orchid resources, but little information is available on their conservation. Analyses of species diversity and endemism patterns provide vital information for conservation planning. Our goal was to determine priority areas with a diverse wild orchid flora and the minimum number of distribution units needed to protect all wild orchid species on Hainan Island.
Methods The 19 administrative counties of Hainan province were treated as the distribution units. Using data on the distribution of the species obtained from the literature and herbarium specimens, we constructed a presence/absence matrix of 202 wild orchids recorded on Hainan Island. Parsimony analysis of endemism (PAE) was used to identify hotspots of total diversity and endemism at the distribution unit level, and complementarity analyses were applied to show how the target set of species can be conserved with a minimum number of distribution units.

收稿日期:2005-11-04 接受日期:2006-02-20

基金项目 国家环保中国国家级自然保护区建设空间格局研究项目

本研究获陈之端教授、李睿奇博士提供计算程序和技术指导,宋希强博士提供海南岛野生兰科植物部分数据信息,谨向他们致以诚挚的谢意

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

Key Results The database consisted of 1 182 records in the 19 distribution units. Based on this distribution matrix, the analysis generated 424 equally parsimonious trees, from which a strict consensus cladogram was obtained. According to the floristic similarities among the 19 distribution units based on 202 species of wild orchids, two areas were suggested as priorities: one located in southern Hainan Island, represented by Baoting, Sanya, Lingshui and Qiongzong, and another in the southwest, represented by Changjiang and Ledong. Bootstrap values were 79% and 69%, respectively. Similar results were obtained by parsimony analysis of endemism. Units with the most floristic similarities of endemisms were Baoting, Lingshui, Ledong, Sanya, Qiongzong and Changjiang, but the bootstrap values were low, less than 50%. Complementarity analysis showed that at least ten distribution units are required to protect all wild orchid species; listed in descending order of cumulative numbers, they are Baoting, Sanya, Wuzhishan, Lingshui, Baisha, Ledong, Qiongzong, Dongfang, Changjiang and Qiongsan. Six are needed to protect 30 endemic species: Lingshui, Baoting, Qiongzong, Ledong, Sanya and Wuzhishan. These six are included in the ten needed to preserve all wild orchid species. The main difference is the hierarchical arrangement of the units. These results indicated that, at least at distribution unit level, the units important to protect all wild orchid species are also important to preserve the endemic species.

Conclusions An assumption of both parsimony and complementarity analyses is complete knowledge of the distribution of each species in a region, but this is unlikely for wild orchids on Hainan Island. Another problem with our study is that we chose the administrative counties of Hainan Island as the distribution units rather than units based on biogeographic criteria. Despite these limitations, our study provided a baseline set of protected areas for the conservation of wild orchid diversity on Hainan Island that can be supplemented to meet other conservation and socio-economic needs and objectives.

Key words Parsimony analysis of endemism, Complementarity analysis, Minimum number of distribution units, Priority areas, Biodiversity, Conservation

兰科是显花植物中的一个大类群,世界约有 800 属 25 000 种 (Cribb, 2001); 广泛分布于除两极和极端干旱沙漠地区以外的各种陆生系统中,特别是热带地区的野生兰科植物,具有极高的多样性 (Gustavo, 1996)。中国地跨热带、亚热带和温带 3 个气候带,其地理环境复杂多样,孕育了世界上独一无二的兰科植物区系 (陈心启和吉占和, 1998), 约有 171 属 1 247 种 (陈心启, 1999; 陈心启和罗毅波, 2003)。

野生兰科植物形态变异多样,花部构造高度特化,在植物系统演化上属最进化、最高级的类群,是生物研究的热点类群之一 (陈心启和罗毅波, 2003); 兜兰属 (*Paphiopedilum*)、杓兰属 (*Cypripedium*)、独蒜兰属 (*Pleione*)、兰属 (*Cymbidium*)、万代兰属 (*Vanda*) 和石斛属 (*Dendrobium*) 等则是世界花卉名品,具有很高的商业价值; 有些种类还具有很高的药用价值,如天麻 (*Gastrodia elata*)、铁皮石斛 (*D. officinale*)、金线莲 (*Ludisia discolor*) 等。因此,对兰科植物这样的特殊类群进行研究,不论在学术和生物多样性保护上,还是在产业化可持续发展等方面都有重要意义 (陈心启和罗毅波, 2003)。全世界所有野生兰科植物均被列入《濒危野生动植物物种国际贸易公约》的保护范围,占该公约应保护濒危植物的

90% 以上,成为植物保护中的“旗舰”类群 (Flagship group) (罗毅波等, 2003)。中国科学家首次参加修订《2004 年濒危物种红色名录》(世界自然保护大会第三次会议公布),对中国的动植物濒危物种进行了详细调查与评估后认为,兰科植物是最为濒危的物种之一,并将 1 210 个物种列入名录之中 (陈又生和陈心启, 2004)。由此可见,中国野生兰科植物的研究和保育工作显得尤为突出。

海南岛地处热带北缘,地形复杂,发育并保存了中国较为完整的热带雨林,具有丰富的生物多样性,是中国生物多样性保护最具价值和最有潜力的地区之一,在全球热带雨林与生物多样性保护中具有特殊意义 (孙玉军和王效科, 1999); 海南岛热带原始森林分布较广,林中野生兰科植物资源丰富 (丁慎言等, 1991; 吉占和等, 1995)。海南岛野生兰科植物的研究工作开展较早,海南岛兰科植物志于 1977 年出版 (Anonymity, 1977),是中国内陆地区最早出版的地方兰科植物志之一。自此以后,许多新分类群和新记录被报道,特别是吉占和等 (1995) 对海南岛兰科植物进行了较为全面的增补和修订,共计约有 68 属、178 种 3 变种 (丁慎言等, 1991; 吉占和等, 1995)。此外,一些地区的资源调查工作也已有报道 (王毅,

2004)。尽管如此,海南岛兰科植物的新分类群仍时有报道(Jin *et al.*, 2004)。可以说目前海南岛野生兰科植物资源及分布仍不是十分清楚,需要进行深入的调查工作。而另一方面,海南岛野生兰科植物受到各种人为破坏,出现种群数量严重减少、栖息地生境丧失等问题。因此,展开对海南岛野生兰科植物的全面保护策略研究已是当务之急。

特有性简约性分析(Parsimony analysis of endemism, 简称 PAE)由 Rosen(1985)提出,并在 1988 年作了改进;Legendre(1986)和 Connor(1988)也分别单独提出过。PAE 广泛应用于生物地理学分析,建立生物类群的地理分布模式(Craw, 1988; Cracraft, 1991; Morrone, 1994; Posadas, 1996; Luna *et al.*, 1999; Robert *et al.*, 2003)。最近有些学者对 PAE 的应用进行了扩展,Trejo-Torres 和 Ackerman(2001)把 PAE 泛化为分布区简约性分析(Parsimony analysis of distributions, 简称 PAD),用于研究安的列斯群岛(西印度群岛中的主要岛群)兰科植物的地理分布模式;Porzecanski 和 Cracraft(2005)结合 PAE 和 PAD 提出分布区和特有性分支分析(Cladistic analysis of distributions and endemism, 简称 CADE),应用于南美贫瘠地区鸟类的地理分布模式分析。随着在生物地理学方面应用的逐渐成熟,学科交叉的发展,以 PAE 为基础发展起来的这类方法被广泛应用于建立优先保护区域的研究(Linder, 1995; Cavieres, 2002; Lira *et al.*, 2002),被认为是确定优先保护区域的一种快速而精确的方法(Posadas, 1996)。

本文拟利用海南岛野生兰科植物的空间分布信息,采用 PAE 进行分析,结合两种互补方法(Ackery & Vane-Wright, 1984; Vane-Wright *et al.*, 1991; Rebelo, 1994),构建海南岛野生兰科植物物种和特有种的静态分布模式,探讨如何确定海南岛野生兰科植物保护的最低保护区组合,确定区域保护优先序,构建最佳保护区网络等问题,以为海南岛兰科植物研究和保育工作提供参考,对野生植物的保护和自然保护区的建设起到抛砖引玉的作用。

1 材料和方法

1.1 数据库的建立

本研究系统地收集海南岛现有野生兰科植物的资料,包括中国科学院植物研究所(北京)、昆明植物研究所、华南植物园、武汉植物园、西双版纳热带植物园、成都生物研究所、广西植物研究所、四川大学、中山大学等单位标本馆馆藏的野生兰科植物标本,

以及国内外已发表的各种植物考察报告和有关研究论文,构建以海南岛 19 个行政县为基本分布区单元的海南岛野生兰科植物数据库(包括物种名、分布地、生境特征、应用价值等信息)。

1.2 分析方法

PAE 类似系统进化分析(Phylogenetic analysis)的分支分析法(Cladistic methods),根据简约性原理(Most parsimonious solution),基于物种(比较进化分析中的特征(Character states))相似性对分布区(比较进化分析中的类元(Taxa))进行分析,获取支序图(Cladogram)。分布区的物种相似性越高,就越靠近支序图的顶端,最顶端的两个分布区具有最高的物种丰富度或特有性,且包含了其它分布区分布的多数物种(Morrone 和 Crisci, 1995; Cavieres *et al.*, 2002)。因此,该方法可以为基于物种多样性和特有性的保护优先性问题提供合理建议(Posadas, 1996)。

PAE 与 PAD 分析所需的矩阵由 MacClade3.01(Maddison & Maddison, 1992)构建而成:分布区有某物种存在编码为“1”,反之则为“0”,以假设的全无物种的分布区作为外类群(Outgroup)。将矩阵导入 PAUP4.0(Swofford, 2000)中进行启发式搜索(Heuristic searches),支序图的可靠性用 1 000 次重复(Replicates)的自展分析(Bootstrap)来评估(Grave, 2001)。在此过程中,无信息的物种(包括在所有分布区分布的物种和仅在一个分布区分布的物种)将排除在外。

为评价各分布区在海南岛野生兰科植物保护中的重要性,我们使用两种互补分析法。互补分析是一种重复选择方法,采用它可以确定特定类群的最低保护区组合和区域保护优先序,以最少的分布区保护尽可能多的物种(Pressey *et al.*, 1993; 蒋志刚等, 1997)。第一种方法由 Ackery 和 Vane-Wright(1984)和 Vane-Wright 等(1991)基于总的多样性(Total diversity)提出;第二种方法由 Rebelo(1994)提出,基于稀有性(Rarity)或特有性(Endemism)进行。两种方法都获得了较好的应用(Villaseñor *et al.*, 1998; Lira *et al.*, 2002)。

第一种方法(Ackery & Vane-Wright, 1984; Vane-Wright *et al.*, 1991)的分析步骤包括:1)首先根据已搜集整理的数据库,选出物种丰富度最高的分布区作为第一优先保护区,本步骤中已评分的物种不进入下一步分析;2)第二个保护区的确定原则是能对第一优先保护区保护物种补充种类最多的分布区;3)第三个保护区的确定原则是能对前两个保护区共同保护物种补充种类最多的分布区(如果有两个或

者两个以上的分布区补充物种相同,则取物种丰富度高的分布区)。依次类推,得到保护区优先序。当保护区的数目增加到某一数量(包含该类群的全部物种)时,这些保护区即组成了最低保护区组合。

Rebeld(1994)的方法通过特有性评分(Endemicity score,简称ES)进行分布区的选择。ES是指每个分布区所含物种稀有性值(Rarity values)的加权,一个物种的稀有性值由该物种的分布区数与总分布区数的比值表示。本研究中依以下步骤进行:1)首先获取每一物种的稀有性值和19个分布区的ES;2)选出ES最高的分布区,本步骤中已评分的物种不进入下一步分析(下同);3)重复上一步的操作,对剩余物种进行选择;4)当所有的物种都包含在所选的分布区中后即结束。如果出现两个或两个以上分布区ES相同时,含特有种数最大的分布区优先;当没有特有种分布时,含物种数最大的分布区被选择。一旦确定了兰科植物保护的重要分布区,那么每个分布区的互补值也就确定,从而每一分布区的物种和特有种的累积值也就获得。

2 结果与分析

海南岛的野生兰科植物约77属,202种,中国特有种30种(海南岛特有种14种)。图1显示了属、物种和特有种在19个分布区的分布情况。在物种水平上(图2),保亭、三亚和陵水处于前列,物种数均在96种以上;其次是琼中、五指山、白沙、昌江和乐东,物种数介于70~95种之间;定安的物种数为63种,显著高于其周围地区。而在特有种水平上(图2),特有种数在7种以上的分布区主要集中在西南部 and 南部地区,如陵水、保亭、乐东、三亚、琼中和昌江等地,而仅有1种特有种分布的地区有儋县、临高、澄迈和琼海,同时这些地区分布的物种数亦较少,而文昌、琼山、海口和屯昌等地没有特有种分布。

对海南岛野生兰科植物202个物种进行的PAD分析中,19个分布区基于物种相似性聚为了3个区域(图3)。区域1聚合了儋县、琼海和万宁3个分布区,相同物种数为35种,除去34个共有种,尚有1种相同,这样聚合的区域在分析中意义不大;昌江和乐东有47个物种相同,聚为一起后再与临高、澄迈构成了区域2;区域3共聚了8个分布区(保亭、三亚、陵水、琼中、五指山、白沙、定安和东方),其中保亭和三亚位于区域3的最顶端,它们有75个物种相同。Bootstrap评估后支持率在50%以上的地区分别为区域2的昌江、乐东和临高(60%),以及区域3的

保亭、三亚、陵水和琼中(79%)。

基于海南岛野生兰科植物30个特有种进行的PAE分析获得的支序图(图4)共产生了3个区域。区域1共聚合了3个分布区(五指山、白沙和儋县);区域2共聚合了4个分布区(陵水、琼中、定安和琼海),其中陵水和琼中以5个特有种相似而位于本区域的顶端,保亭和乐东、三亚和昌江分别以7个特有种相似聚合后形成姐妹群,再与东方聚合构成区域3。Bootstrap评估后支持率均不超过50%。

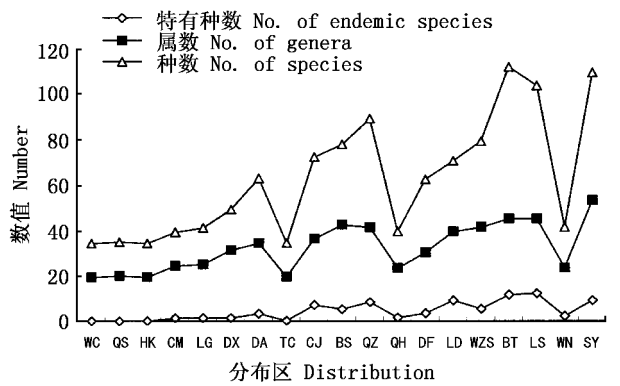


图1 海南岛野生兰科植物在19个分布区的属数、物种数和特有种数统计
Fig.1 Number of genera, species and endemic species of wild orchids in 19 distributions of Hainan Island
WC:文昌 Wenchang QS:琼山 Qiongshan HK:海口 Haikou CM:澄迈 Chengmai LG:临高 Lin'gao DX:儋县 Danxian DA:定安 Ding'an TC:屯昌 Tunchang CJ:昌江 Changjiang BS:白沙 Baisha QZ:琼中 Qiongzong QH:琼海 Qionghai DF:东方 Dongfang LD:乐东 Ledong WZS:五指山 Wuzhishan BT:保亭 Baoting LS:陵水 Ling-shui WN:万宁 Wanning SY:三亚 Sanya

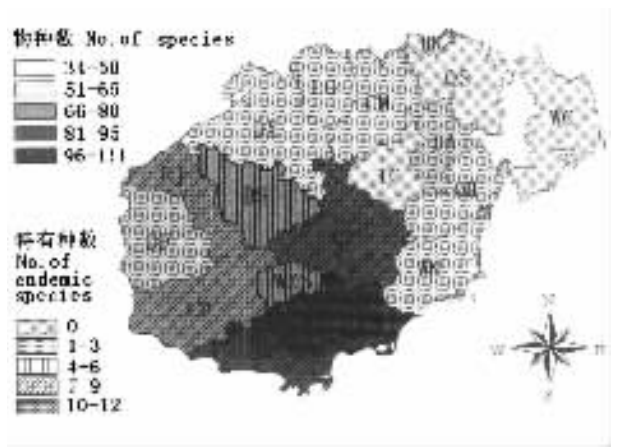


图2 海南岛野生兰科植物在物种和特有种水平上的地理分布模式
Fig.2 The distribution pattern of wild orchids at species and endemic species level in Hainan Island
WC, HK, QS, DA, WN, CM, TC, LG, QZ, QH, LS, DX, BS, WZS, BT, CJ, DF, LD, SY: 见图1 See Fig.1

由互补分析获得的等级排序(表1)可以看出,在物种水平上,保亭、三亚和五指山等的互补性较高,而在特有种水平上,陵水、白沙和琼中等互补性位于前列。通过累积评分后显示,仅需10个分布区就可把海南岛202个物种全部包括,它们依次排列为保亭、三亚、五指山、陵水、白沙、乐东、琼中、东方、昌江和琼山,而对于30个特有种而言,则仅需6个

分布区,顺序排列为陵水、保亭、琼中、乐东、三亚和五指山。

3 讨 论

海南岛独特的气候条件和复杂的地理环境,孕育了丰富的野生兰科植物资源,广布于全岛各地(丁慎言等,1991;吉占和等,1995)。但是,兰科植物多样性中心主要还是位于海南岛中部及其以南和以西地区,以昌江、白沙、琼中和陵水为界。这里呈现一定的山地特征,植被类型多样(王伯荪和张炜银,2002),降水丰富,热量充足,受台风影响不大,为兰科植物提供了多样的生存环境。

海南岛中部以南地区的保亭、三亚和陵水显示了较高的物种多样性和特有性:3地共有物种数约162种,占海南岛兰科植物的80.2%,共有特有种数约22种(73.3%)。其中地生兰和附生兰比例相当,腐生兰亦有分布,显示了生活型上的多样性。本区是海南岛野生兰科植物主要的多样性中心,具有极高的科研价值和保护意义。同时我们可以看出,海南岛中部及其以西地区,如琼中、乐东、昌江、白沙等地,物种和特有种水平亦较高,其中琼中和乐东就分别分布了两种海南岛特有种,为海南岛大苞兰(*Sunipia hainanensis*)和海南岛鹤顶兰(*Phaius hainanensis*)及多枝拟兰(*Apostasia ramifera*)和海南岛蝴蝶兰(*Phalaenopsis hainanensis*)。

物种不可替代性是 Pressey 等(1994)提出来的。他认为,如果一个地区包含了在其它地区均有分布的物种,它具有低的不可替代性值;反之,如果一个地区分布的物种为其特有,那么它具有100%的不可替代性。在物种受到威胁时,这样的地区应该得到优先保护(Vane-Wright,1996)。海南岛野生兰科植物中有34个物种为全岛分布种,因此,仅分布这34种的地区具有的不可替代性极低,如海口、文昌、屯昌3地,在制定保护策略时这样的地区将不在优先保护之列。琼海、万宁等地所含的物种多为广布种,其不可替代性较低,在确定优先保护区域时可以置后考虑;保亭、三亚和陵水特有种分别为11、8和12种,居于前列,其物种不可替代性相当高,同时物种极为丰富(分别为111、109和103种),这3个分布区理应作为优先保护和重点保护的對象。

采用互补分析可以用最少的分布区保护尽可能多的物种(蒋志刚等,1997)。获取分布区的等级排序后,最低保护区组合和保护优先序即可确定。海

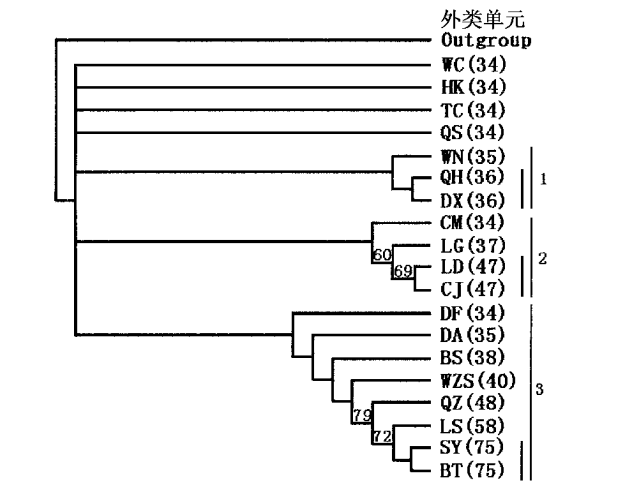


图3 基于海南岛202种野生兰科植物的分布区简约性分析(PAD)
Fig.3 Floristic similarities among the 19 distributions based on 202 species of wild orchids in Hainan Island
分支上数字表示 Bootstrap 支持率,而分布区后数字表示共有物种数 The numbers on the branch represent bootstrap values. In parentheses after the distribution units numbers of shared species are given
WC、HK、TC、QS、WN、QH、DX、CM、LG、LD、CJ、DF、DA、BS、WZS、QZ、LS、SY、BT: 见图1 See Fig. 1

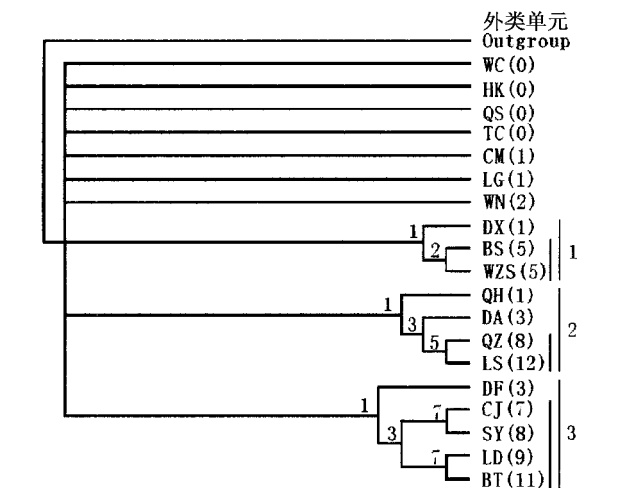


图4 基于海南岛兰科植物30个特有种进行的特有性简约性分析
Fig.4 Parsimony analysis of endemism based on 30 endemic species of wild orchids in Hainan Island
分支上数字表示共有特有种数,而分布区后数字表示特有种数 The numbers on the branch represent shared endemic species. In parentheses after the distribution units numbers of endemic species are given
WC、HK、TC、QS、WN、QH、DX、CM、LG、LD、CJ、DF、DA、BS、WZS、QZ、LS、SY、BT: 见图1 See Fig. 1

表 1 基于 Vane-Wright 等(1991)和 Rebelo(1994)的互补分析获得的结果对海南岛的分布区进行的等级排序

Table 1 Hierarchical arrangement of distributions of Hainan Island according to the results obtained with the complementarity analysis of Vane-Wright *et al.* (1991) and Rebelo (1994)

分布区 Distribution	Vane-Wright 等的方法 Vane-Wright <i>et al.</i> 's method	分布区 Distribution	Robelo 的方法 Robelo 's method
BT	111(11)	LS	103(12)
SY	145(17)	BT	139(18)
WZS	161(20)	QZ	151(21)
LS	175(25)	LD	163(25)
BS	184(26)	SY	180(28)
LD	192(30)	WZS	191(30)
QZ	196(30)	CJ	192(30)
DF	200(30)	BS	198(30)
CJ	201(30)	DF	201(30)
QS	202(30)	QS	202(30)

括号内为特有种的累积值 In parentheses the cumulative number of endemic taxa in given BT, SY, WZS, LS, BS, LD, QZ, DF, CJ, QS 同图 1 See Fig. 1

南岛野生兰科植物在分布区水平上看 ,其总的物种多样性和特有性具有很强的相关性。因而 ,保护海南岛野生兰科植物多样性高的分布区与保护其特有性作用同样重大。采用互补分析结果表明 ,最低保护区组合数是 10 个分布区。如果我们要想把海南岛兰科植物全部保护 ,那么就要在 10 个分布区进行 ,这在人力物力等方面势必是一大难题。但是我们可以看到 ,保亭具有最大的物种数(111)和较高的特有种水平(11) ,三亚提供 34 个物种和 6 个特有种的补充 ,五指山对前两个分布区补偿了 6 个物种和 3 个特有种 ,陵水与前三者的相异物种为 14 个物种和 5 个特有种 ,等等。因此 ,如先将保亭作为保护区 ,则可保护海南岛兰科物种的 55.0% 和特有种 40.0% ,在此基础上进行保护区扩增 ,如增加三亚 ,比例分别提高到 72.3% 和 60.0% ;再增加五指山、陵水 ,比例分别为 86.6% 和 83.3%。由此可见 ,互补分析提供了我们一个完善的解决方案 ,采用互补分析确定保护的优先序是切合实际的一种优化保护策略。我们认为 ,这样的保护策略可以弥补目前的数据信息不足 ,充分利用有限的资源 ,达到保护海南岛兰科植物最大生物多样性的目的。

PAD 和 PAE 是一种基于生物分类群和生物群系比较的多元分支分析法(Rosen ,1988 ;Vargas ,1991) ,当静态分析分布区关系时就等同于多元分析方法(Rosen ,1988 ,1992) ,它们使用简约性原理 ,最大程度地使得数据和等级模式相一致 ,并可以排除无信息的类元 ,提供与多元分析相似的结果(Brady ,1994)。使用 PAD 和 PAE 获得的支序图除可以解释一些生物地理学问题(Craw ,1988 ;Cracraft ,1991 ;Morrone ,1994 ;Posadas ,1996 ;Luna *et al.* ,1999 ;Robert *et al.* ,2003) ,为地理隔离和其它生物地理的历史问

题研究提供依据(Cracraft ,1991)外 ,还可以通过确定高的物种多样性分布区域和特有性中心来确立在分布区水平上的优先保护策略(Posadas ,1996)。本文的分析即提供了其应用的证明。一些研究者认为特有性高的地区应该获得优先保护(Myers ,1988 ,1990 ;Kerr ,1997) ,而另一些则不这样认为(Prendergast *et al.* ,1993) ,Myers 等(2000)建议应该把保护工作放在“ Hotspots ”或者特有种丰富的地区和生境破坏严重的地区进行。但是 ,我们应注意到 ,一些特有性高的地区也显示了丰富的物种多样性 ,在特有性和物种多样性方面孰轻孰重的争论似乎是没有必要的(Kerr ,1997)。Porzecanski 和 Cracraft (2005)进行的研究表明使用 CADE 分析可以获得比 PAE 更可靠、更详尽的证据 ,而基于墨西哥葫芦科的研究(Rafael *et al.* ,2002)采用 PAD 和 PAE 相结合的方法 ,亦获得了比单一分析的结果更充分的证据支持。因此 ,结合两种方法进行保护优先区域的选择更为科学合理。

参 考 文 献

Ackery PR, Vane-Wright RI (1984). *Milkweed Butterflies: Their Cladistic and Biology*. British Museum (Natural History) and Cornell University Press. London, 448.

Anonymity (1977). *Flora Hainan* (海南岛植物志). Science Press, Beijing, 185 – 264. (in Chinese)

Brady RH (1994). Pattern description, process explanation, and the history of morphological sciences. In: Grande L, Rieppel O eds. *Interpreting the Hierarchy of Nature: from Systematic Patterns to Evolutionary Process Theories*, Academic Press, San Diego USA, 7 – 31.

Cavieres LA, Arroyo MTK, Posadas P, Marticorena C, Matthei O, Rodríguez R, Squeo FA, Arancio G(2002). Identification of priority areas for conservation in an arid zone: application of parsimony analysis of endemism in the vascular flora of the Antofagasta

- ta region, northern Chile. *Biodiversity and Conservation*, 11, 1301 – 1311.
- Chen SC(陈心启), Luo YB(罗毅波)(2003). Advances in some plant groups in China. I. A retrospect and prospect of orchidology in China. *Acta Botanica Sinica*(植物学报), 45(Suppl.), 2 – 20. (in Chinese with English abstract)
- Chen SC(陈心启), Tsi ZH(吉占和)(1998). *The Orchids of China* (中国兰花全书). China Forestry Publishing House, Beijing. (in Chinese)
- Chen SC(陈心启)(1999). *Orchidaceae*. In: Lang KY(郎楷永), Chen SC(陈心启), Luo YB(罗毅波), Zhu GH(朱光华) eds. *Flora Reipublicae Popularis Sinicae Tomus 17* (中国植物志第 17 卷). Science Press, Beijing, 1. (in Chinese)
- Chen YS(陈又生), Chen SC(陈心启)(2004). *Orchidaceae*. In: Wang S(汪松), Xie Y(解焱) eds. *China Species Red List* (Vol.1): Red List(中国物种红色名录(第一卷): 红色名录), Higher Education Press, Beijing, 420 – 468. (in Chinese)
- Connor EF(1988). Fossils, phenetics, and phylogenetics: inferring the historical dynamics of biogeographic distributions. In: Liesherr JK ed. *Zoogeography of Caribbean Insects*. Cornell University Press, New York, 154 – 269.
- Cracraft J(1991). Patterns of diversification within continental biotas: hierarchical congruence among the areas of endemism of Australian vertebrates. *Australian Systematic Botany*, 4, 211 – 227.
- Craw R(1988). Continuing the synthesis between panbiogeography, phylogenetic systematics and geology as illustrated by empirical studies on the biogeography of New Zealand and the Chatham Islands. *Systematic Zoology*, 37, 291 – 310.
- Cribb P(2001). *Orchidaceae*. In: Pridgeon, Cribb AM, Chase P eds. *MedsGenera Orchidacearum*. Oxford University Press, Oxford, 1, 92.
- Ding SY(丁慎言), Lai QX(赖齐贤), Xiao HX(肖鸿修), Li HW(李海文)(1991). Report orchids resources in Hainan. *Chinese Journal of Tropical Crops*(热带作物学报), 12, 105 – 111. (in Chinese)
- Grave SD(2001). Biogeography of indo-pacific pontoniinae (Crustacea, Decapoda): a PAE analysis. *Journal of Biogeography*, 28, 1239 – 1253.
- Gustavo AR(1996). The orchid family. In: IUCN/SSC Orchid Specialist Group ed. *Orchids-Status Survey and Conservation Action Plan*. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK, 3 – 4.
- Jiang ZG(蒋志刚), Ma KP(马克平), Han XG(韩兴国)(1997). *Conservation Biology*(保护生物学). Zhejiang Science Press, Hangzhou. (in Chinese)
- Jin XH, Chen SC, Qin HN, Zhu GH, Gloria SL(2004). A new species of *Didymoplexiella* (Orchidaceae) from China. *Novon*, 14, 176 – 177.
- Kerr JT(1997). Species richness, endemism, and the choice of areas for conservation. *Conservation Biology*, 11, 1094 – 2000.
- Legendre P(1986). Reconstructing biogeographic history using phylogenetic-tree analysis of community structure. *Systematic Zoology*, 35, 68 – 80.
- Linder HP(1995). Setting conservation priorities—the importance of endemism and phylogeny in the Southern African orchid genus *herschelia*. *Conservation Biology*, 9, 585 – 595.
- Lira R, Villasenor JL, Ortíz E(2002). A proposal for the conservation of the family Cucurbitaceae in Mexico. *Biodiversity and Conservation*, 11, 1699 – 1720.
- Luo YB(罗毅波), Jia JS(贾建生), Wang CL(王春玲)(2003). A general review of the conservation status of Chinese orchids. *Biodiversity Science*(生物多样性), 11, 70 – 77. (in Chinese with English abstract)
- Luna I, AlcaÂntara O, Espinosa D, Morrone JJ(1999). Historical relationships of the Mexican cloud forests: a preliminary vicariance model applying Parsimony Analysis of Endemicity to vascular plant taxa. *Journal of Biogeography*, 26, 1299 – 1305.
- Maddison WP, Maddison DR(1992). *Macclade: Analysis of Phylogeny and Character Evolution*, Version 3.01. Sinauer Associates, Sunderland, USA.
- Morrone JJ(1994). On the identification of areas of endemism. *Systematic Zoology*, 43, 438 – 441.
- Morrone JJ, Crisci V(1995). Historical biogeography: introduction to methods. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 26, 373 – 401.
- Myers N(1988). Threatened biotas: ‘hot-spots’ in tropical forests. *The Environmentalist*, 8, 187 – 208.
- Myers N(1990). The biodiversity challenge: expanded hot-spots analysis. *The Environmentalist*, 10, 243 – 256.
- Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, da Fonseca GAB, Kent J(2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403, 853 – 858.
- Porzecanski AL, Cracraft J(2005). Cladistic analysis of distributions and endemism (CADE): using raw distributions of birds to unravel the biogeography of the South American aridlands. *Journal of Biogeography*, 32, 261 – 275.
- Posadas P(1996). Distributional patterns of vascular plants in Tierra del Fuego: a study applying Parsimony Analysis of Endemicity (PAE). *Biogeographica*, 72, 161 – 177.
- Prendergast JR, Quinn RM, Lawton JH, Eversham BC, Gibbons DW(1993). Rare species, the coincidence of diversity hotspots and conservation strategies. *Nature*, 365, 335 – 337.
- Pressey RL, Humphries CJ, Margules CR, Vane-Wright RL and Williams PH(1993). Beyond opportunism: key principles for systematic reserve selection. *Trends in Ecology and Evolution*, 8, 124 – 128.
- Pressey RL, Johnson IR, Wilson PD(1994). Shades of irreplaceability: towards a measure of the contribution of sites to a reservation goal. *Biodiversity and Conservation*, 3, 242 – 262.
- Rafael L, José L, Villasenor J, Enrique O(2002). A proposal for the conservation of the family Cucurbitaceae in Mexico. *Biodiversity and Conservation*, 11, 1699 – 1720.

Rebello AG (1994). Iterative selection procedures: centres of endemism and optimal placement of reserves. *Strelitzia*, 1, 231 – 257.

Robert M, Christoph N, Wilhelm B, Pierre LI(2003). Biodiversity and endemism mapping as a tool for regional conservation planning-case study of the Pleurothallidinae (Orchidaceae) of the Andean rain forests in Bolivia. *Biodiversity and Conservation*, 12, 2005 – 2024.

Rosen BR(1985). Long-term geographical controls on regional diversity. *The Open University Geological Society Journal*, 6, 25 – 30.

Rosen BR(1988). From fossils to earth history: applied historical biogeography. In: Myers AA, Giller PS eds. *Analytical biogeography*. Chapman and Hall, London, 437 – 481.

Rosen BR (1992). Empiricism and the biogeographical black box: concepts and methods in marine palaeobiogeography. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 92, 171 – 205.

Sun YJ(孙玉军), Wang XK(王效科)(1999). The characteristics of eco-environmental quality in Five-Finger Mountain Nature Reserve. *Acta Ecologica Sinica(生态学报)*, 19, 365 – 370. (in Chinese with English abstract)

Swofford DL (2000). *PAUP: Phylogenetic Analysis Using Parsimony (and other methods)*, Version 4 for Apple Macintosh. Sinauer Associates, Sunderland, MA, USA.

Trejo-Torres JC, Ackerman JD(2001). Biogeography of the Antilles based on a parsimony analysis of orchid distributions. *Journal of Biogeography*, 28, 775 – 794.

Tsi ZH(吉占和), Chen SC(陈心启), Ding SY(丁慎言)(1995). Critical and additional notes on orchids of Hainan, China. *Acta Phytotaxonomica Sinica(植物分类学报)*, 33, 576 – 591. (in Chinese with English abstract)

Vargas JM (1991). Escuelas y tendencias en biogeografía histórica. *Revista Espanola de Herpetologia*, 6, 107 – 136.

Vane-Wright RI, Humphries CJ, Williams PH(1991). What to protect? Systematics and the agony of choice. *Biological Conservation*, 55, 235 – 254.

Vane-Wright RI (1996). Identifying priorities for the conservation of biodiversity: systematic biological criteria within a socio-political framework. In: Gaston KJ ed. *Biodiversity: a Biology of Numbers and Difference*. Blackwell Publishing, Oxford, 309 – 344.

Villaseñor JL, Ibarra G, Ocaña D (1998). Strategies for the conservation of Asteraceae in Mexico. *Conservation Biology*, 12, 1066 – 1075.

Wang BS(王伯荪), Zhang WY(张炜银)(2002). The groups and feature of tropical forest vegetation of Hainan Island. *Guihaia(广西植物)*, 22, 107 – 115. (in Chinese with English abstract)

Wang Y(王毅)(2004). Orchids of Wuzhishan Mountain in Hainan. *Journal of Qiongzhou University(琼州大学学报)*, 11 (2), 55 – 56. (in Chinese with English abstract)

责任编辑 :安树青 责任编辑 姜联合