



主持人: 任明迅

吊罗山生物多样性关键区域识别研究

张 泽^{1#}, 史佑海^{1,3}, 张昌达², 杜彦君^{1*}

(1. 海南大学 热带农林学院(农业农村学院、乡村振兴学院), 海南 海口 570228 中国; 2. 海南热带雨林国家公园管理局吊罗山分局, 海南 陵水 572400 中国; 3. 海南大学 海南省热带特色花木资源生物学重点实验室, 海南 海口 570228 中国)

摘 要: 为了识别国家公园范围内的生物多样性关键区域(KBAs), 合理分配有限的保护资源, 本研究以海南热带雨林国家公园吊罗山核心保护区域为例, 采用网格法进行植物群落调查, 依据《海南热带雨林国家公园优先保护物种名录》确定研究区域内的优先保护植物物种, 根据样地内的优先保护物种数进行生物多样性关键区域识别。结果表明:(1)在所调查的 195 个样地中, 共记录到 67 种优先保护植物, 占有海南热带雨林国家公园优先保护植物物种的 65.05%; (2)当优先保护物种 ≥ 4 种时, 识别为 KBAs 的样地占比 57.44%, 当优先保护物种 ≥ 5 种时, 识别为 KBAs 的样地占比 40.00%, 当优先保护物种 ≥ 6 种时, 识别为 KBAs 样地占比 25.64%; (3)白水管护辖区、新安管护辖区和南喜管护辖区具有更高的保护价值, 对整体 KBAs 识别结果的贡献率超过 70%。本研究尝试利用《海南热带雨林国家公园优先保护物种名录》进行 KBAs 识别, 识别结果能够更加具体地指导国家公园生物多样性保护行动, 旨在为海南热带雨林国家公园全面开展 KBAs 识别提供重要技术支撑, 为中国国家公园 KBAs 相关工作提供典型案例。

关键词: 海南热带雨林国家公园; 生物多样性关键区域; KBAs; 优先保护物种名录; 植物类群

中图分类号: Q948

文献标志码: A

文章编号: 1674-7054(2025)04-0606-10

张泽, 史佑海, 张昌达, 等. 吊罗山生物多样性关键区域识别研究 [J]. 热带生物学报, 2025, 16(4): 606-615. doi: 10.15886/j.cnki.rdswwb.20240194

全球生物多样性丧失是一个紧迫的问题, 遏制丧失已成为众多国际协议与目标所聚焦的核心要点。然而, 世界上许多地区关于物种分布、受威胁的数据有限, 而且已建保护地空间分布的“随机性”导致其未充分覆盖重要的保护对象, 生态代表性较低^[1-2], 全球生物多样性仍在持续减少^[3]。因此, 在保护资源有限的背景下, 如何以最低成本实现保护效益最大化, 优化保护地空间布局是生物多样性保护研究热点之一^[4-5]。国际社会承诺通过执行《生物多样性公约》和相关的“爱知目标”来遏制生物多样性的下降, 尽管目前全球保护区和其他有效区域保护措施覆盖率已增加到全球陆地面积的 17%, 但这仍低于《昆明-蒙特利尔全球

生物多样性框架》^[6]提出的到 2030 年保护至少 30% 土地的目标。同时, 由于缺乏适当的数据来确定保护行动的优先顺序, 以植物多样性为目标的保护工作往往受到阻碍^[7-8]。

生物多样性关键区域(key biodiversity areas, KBAs)是指有助于全球生物多样性持续的区域, 包括对陆地、淡水和海洋生态系统中濒危动植物至关重要的栖息地^[9]。世界自然保护联盟成员组织积极推进全球范围的协商合作进程, 努力在生物多样性关键区域识别的总体方法上达成一致。目前, KBAs 识别已经具有相对成熟的理论体系与技术框架及较为丰富的应用与实践经验, 并且在全球不同的国家和地区也开展了相应的工作。例

收稿日期: 2024-12-23

修回日期: 2025-02-18

基金项目: 海南省国家公园研究院自然科学项目(RH2200004141)

*第一作者: 张泽(2000—), 女, 海南大学热带农林学院 2022 级硕士研究生。E-mail: 18607487981@163.com

*通信作者: 杜彦君(1981—), 男, 研究员, 博士生导师。研究方向: 生物多样性、植物物候。E-mail: yanjun.du@hainanu.edu.cn

如,日本学者曾基于脆弱性和不可替代性,确定了日本热点地区的优先位点,并重点识别了日本自然保护区系统中的空白^[10]。Schouten等^[11]利用网格法,将荷兰划分为5 km×5 km的公里网格,基于双向指示性物种分析对荷兰的无脊椎动物、爬行动物和植物等多个类群进行了生物多样性关键区域识别。国内学者较早地提出了分区、分类保护的想法^[12-17],不同的生物多样性地区应采取不同的保护方式。特别在近几年也有较多的实践工作。孙工棋等^[18]以中国陆生濒危哺乳动物为主要研究对象,以1434个生态功能小区为规划单元,根据物种分布数据,结合规划单位内生态敏感性和保护优先性,研究提出了89个生态功能小区的优先保护规划建议。Dong等^[19]使用中国3061种陆脊椎动物和植物的分布数据,利用40 km×40 km的网格分辨率识别中国的潜在KBAs,并定义了保护中国30%和50%土地所需要保护的优先区域范围。但是上述研究由于划分网格的尺寸较大,精度不够,不能很好地在小尺度区域范围内识别KBAs。随着国内生物多样性保护的深入和管理机制的需求,开展中国KBAs识别与评估确定优先保护区域,将成为当前有效实现生物多样性保护的重要途径。随着中国国家公园体系建设的深入,也需要在国家公园范围内识别KBAs,并把国家公园作为重点关注的区域加以保护。然而,据本研究团队所知,目前中国国家公园内还没有开展过KBAs的识别。

海南热带雨林国家公园属于全球34个生物多样性热点地区之一,具有丰富的植物多样性^[20]。尽管海南已经建立了国家公园,但仍面临着保护区域过大、物种本底资源不清楚的问题,且在经费和保护人力物力有限的情况下,识别最迫切需要保护的生物多样性关键区域有利于提高国家公园的生物多样性保护效率。《海南热带雨林国家公园优先保护物种名录》(以下简称《优先物种名录》)应运而生,于2022年由海南热带雨林国家公园管理局和海南国家公园研究院联合在海口发布,2024年正式出版发行^[21]。该《优先物种名录》包括海南热带雨林国家公园范围内分布的脊椎动物、高等植物、大型真菌3大类群的保护物种。优先保护评价指标体系主要从物种的濒危系数、遗传系数、繁殖难易系数、遇见率、利用价值、生态

价值、科研价值等方面考虑^[22],主要参照的是《IUCN红色名录》、《中国生物多样性红色名录》和《国家重点保护物种名录》^[23-25]。《优先物种名录》除了考虑《IUCN红色名录》中的受威胁物种外,还考虑了国家重点保护物种以及不属于国家重点保护但在海南具有重要地位的特有种或极小种群物种,正好可以弥补IUCN发布的KBAs识别标准在识别小区域范围的不足。

本研究以海南热带雨林国家公园吊罗山区域为研究地点,通过1 km×1 km公里网格的植物调查,在物种层面,基于《优先物种名录》以优先保护物种作为识别KBAs的依据,按优先保护物种在样地内出现的频次进行KBAs识别,以期能够具体指导吊罗山分局的生物多样性保护行动,同时为海南热带雨林国家公园或者中国其他国家公园相关识别工作提供案例参考。

1 材料方法

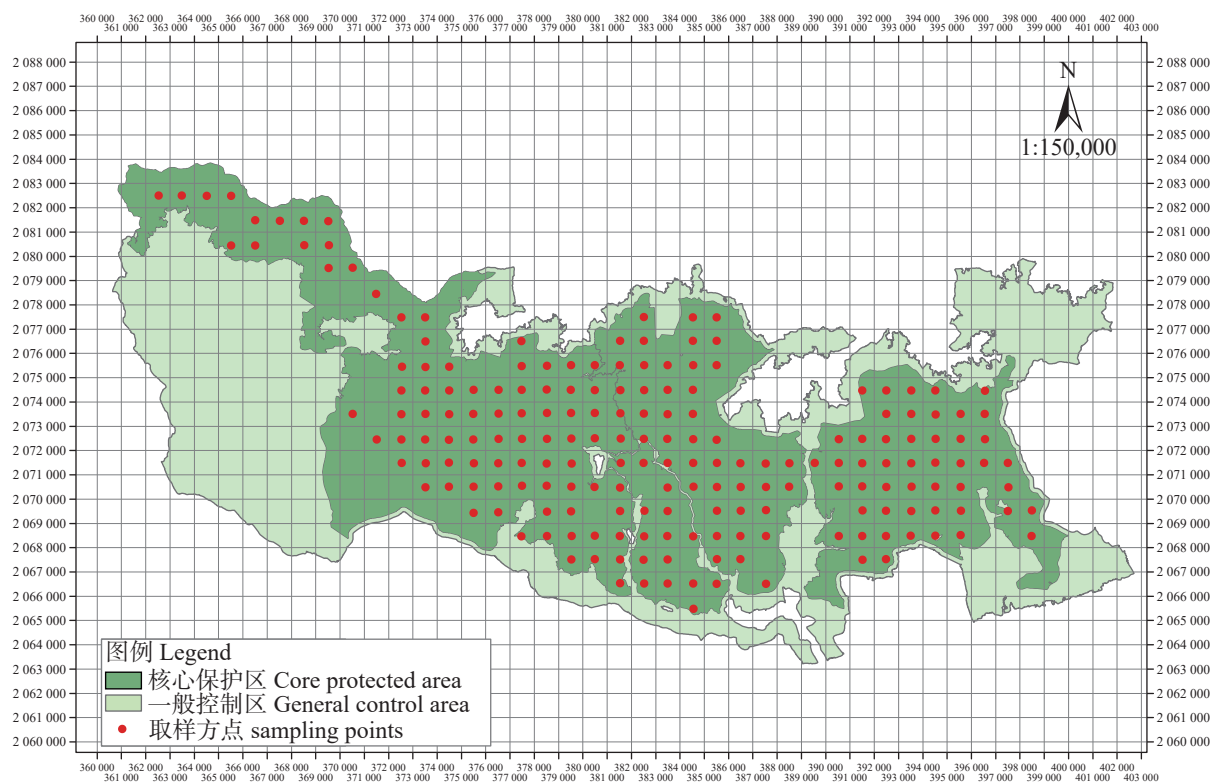
1.1 研究区域概况 吊罗山国家公园位于海南岛东南部,地处18°38'42"—18°50'22"N、109°41'38"—110°4'46"E,属于东亚海洋性热带季风气候,年均气温为20.8℃,最热月均温23.9℃,最冷月均温16.3℃,年降雨量充沛,达1 870~2 760 mm,干湿季节划分明显^[26]。吊罗山国家公园总面积约447 km²,其中,核心保护区262 km²,一般控制区185 km²。研究区域位于吊罗山国家公园的核心保护区,海拔高度在50~1 499 m^[27]。吊罗山分局通过设立管护站的形式进行分区管理,一共为8个管辖区,分别为什玲管辖区、北坡管辖区、南喜管辖区、帮岭管辖区、新丰管辖区、新安管辖区、白水管辖区、黎安管辖区。成土母岩为花岗岩和闪长岩,300 m海拔以下土壤为黄色砖红壤,300 m海拔以上土壤为山地黄壤^[28]。吊罗山地区山泉众多,水资源非常丰富,光、热和水分等自然环境较优越,孕育了丰富的植物资源。

吊罗山地区有多种植被类型,不仅有许多原始林,还有不少次生林^[29]。吊罗山具有鲜明的山地垂直气候变化,随着海拔高度的变化,降雨量、相对湿度递增,云雾增多^[30]。根据海拔不同,自上而下,可分为山地常绿阔叶矮林、热带山地常绿阔叶林、热带山地雨林、热带季雨林和热带低地雨林等。山地常绿阔叶矮林多分布在海拔1 000 m以

上的各个山顶,因为海拔较高,分布着一定比例的中温带植物物种成分^[31]。

1.2 样地设置和调查 网格法是国际上广泛采用的生物多样性调查取样方法,网格法能获得更加均匀的物种分布数据,同时也能规避行政区变化等带来的问题,许多国家和地区均采用网格法开展过生物多样性调查^[32]。本研究为识别海南热带雨林国家公园吊罗山核心保护区植物类群的 KBAs,结合最新的由海南热带雨林国家公园出版的《海南热带雨林国家公园优先保护物种名录》,采用 1 km×1 km 的公里网格法进行植物多样性调查,网

格文件采用 WGS_1984_Albers 投影坐标系统,将核心保护区域均匀划分为大小一致的公里网格,仅保留有超过 90% 面积分布的有自然林的公里网格,剔除有分布面积大于 10% 的人工林(如槟榔林、橡胶林、桉树林、农田等)的公里网格,最终保留有 195 个公里网格(图 1)。每个公里网格内随机设置一个 20 m×20 m 的样方进行野外调查,各样方中心点间距不低于 500 m。调查样方内所有被列入《海南热带雨林国家公园优先保护物种名录》的高等植物(包括苔藓、蕨类植物、裸子植物和被子植物),记录其物种名、数量,记录样方海拔等数据。



深绿色表示核心保护区,浅绿色表示一般控制区,实心圆红点表示拟定取样方。

The dark green color represents the core protection area; the light green color represents the general control area; the solid red dots represent the proposed sampling area.

图 1 公里网格分布图

Fig. 1 Kilometer grid distribution map

1.3 KBAs 的识别方法 《优先物种名录》包含了受威胁物种、国家重点保护物种、生态系统关键物种以及海南具有重要地位的特有种或极小种群物种,同时对于评估那些在全球无危的物种但在中国或者海南区域内却可能是极度濒危的或受威胁的物种具有重要作用,它从区域尺度上进行物种濒危等级的评估,避免因评估尺度的差异导致对物种保护力度的减弱。《优先物种名录》中的植物类

群以国家重点保护植物、海南特有植物、海南分布中心植物以及其他濒危植物为基础优选了植物 103 种,包括坡垒(*Hopea hainanensis*)、降香(*Dalbergia odorifera*)、海南油杉(*Keteleeria hainanensis*)、海南鹤顶兰(*Phaius hainanensis*)、卷萼兜兰(*Paphiopedilum appletonianum*)、石碌含笑(*Michelia shiluensis*)、海南粗榧(*Cephalotaxus hainanensis*)、海南蝴蝶兰(*Phalaenopsis hainanensis*)、土沉

香 (*Aquilaria sinensis*)、海南龙血树 (*Dracaena cambodiana*) 等 103 个物种。

对野外调查到的植物名录进行整理, 依据《优先物种名录》确定用于 KBAs 识别的优先保护物种, 作为研究物种。随后, 根据优先保护物种在公里网格内出现的频次进行 KBAs 识别, 在 195 个公里网格内, 分别尝试了在不同优先保护物种触发阈值下所识别出来的 KBAs, 如在优先保护物种数 $n \geq 1$ 、 $n \geq 2$ 、 $n \geq 3$ 等情况下识别出来的 KBAs。在确定最佳识别比例时, 综合考量了《昆明-蒙特利尔全球生物多样性框架》提出的到 2030 年保护至少 30% 土地的目标, 以及研究区域的实际情况, 确定最合适的优先保护物种触发阈值。同时, 鉴于研究区域为吊罗山管护辖区的核心保护区, 因此有必要考虑更高的识别比例, 即识别比例达到 50% ~ 60% 的情况。

2 结果与分析

2.1 植物群落的物种组成 通过对野外调查的数据进行整理, 在完成的 195 个公里网格中, 共调查到植物 87 科 234 属 457 种 (含种下等级), 包括乔木 365 种、灌木 55 种、草本 36 种、藤本 1 种。所调查到的 457 种物种中, 列入《优先物种名录》中的植物 67 种, 占有海南热带雨林国家公园优先保护植物物种数的 65.05%, 其中苔藓植物 2 种, 蕨类植物 12 种, 裸子植物 6 种, 被子植物 47 种 (图 2)。具体而言, 植物物种的野外调查数据整理过程中物种的分类信息主要参考以下名录: 物种定名参考《中国在线植物志》(<http://frps.iplant.cn/>)、中国野外标本馆 (CFH) (<http://www.cfh.ac.cn/>); 优先保

护物种参考《海南热带雨林国家公园优先保护物种名录》。所有收集和整理的资料均由相关专家进行核对。

2.2 基于《优先物种名录》中优先保护植物的 KBAs 识别结果 根据海南热带雨林国家公园颁布的《优先物种名录》进行识别, 在所调查的 195 个样地中, 分布有优先保护植物 ($n \geq 1$) 的样地共 190 个, 占比 97.44% (图 3-A)。尝试调整样地内优先保护物种的触发阈值, 有 2 种及以上优先保护物种的样地有 176 个, 占比 90.26% (图 3-B); 有 3 种及以上优先保护物种的样地有 134 个, 占比 68.72% (图 3-C); 有 4 种及以上优先保护物种的样地有 112 个, 占比 57.44% (图 3-D); 有 5 种及以上优先保护物种的样地有 78 个, 占比 40.00% (图 3-E); 有 6 种及以上优先保护物种的样地有 50 个, 占比 25.64% (图 3-F)。当样地内的优先保护物种数 7 种及以上时, 满足条件的样地较少, 整体识别比例均小于 15%。在本次调查中, 样地内优先保护数最多达 10 种, 详见表 1。

结合《昆明-蒙特利尔全球生物多样性框架》提出的到 2030 年保护至少 30% 土地的目标, 根据各个类群的叠加结果, 可知当样地内的优先保护物种至少 6 种时, 所识别出来的保护区域范围基本上已经能够满足该目标, 但考虑到本研究识别的区域为吊罗山管护辖区的核心保护区, 所以识别比例达到 50% ~ 60% 较为合理, 即样地内的优先保护物种 $n \geq 4$ 时, 识别出来的样地有 112 个, 占比 57.44%。

2.3 识别的 KBAs 在各个管护辖区的分布情况 主要对比了优先保护物种数 $n \geq 4$ 、 $n \geq 3$ 和 $n \geq 2$ 的情况下识别的 KBAs 在不同管护辖区的分布情况, 结果见表 2。整体来看, 各管护辖区内识别的 KBAs 数量呈现出显著差异。其中, 白水管护辖区、新安管护辖区和南喜管护辖区在识别 KBAs 方面表现突出, 识别出的 KBAs 比例较高, 对整体识别结果的贡献较为显著。同时, 随着所需优先保护物种数量的增加, 各管护辖区识别出的 KBA 数量普遍减少。当优先保护物种数 $n \geq 4$ 时, 白水管护辖区识别出 34 个 KBAs, 占比 79.07%; 新安管护辖区识别出 29 个 KBAs, 占比 69.05%; 南喜管护辖区识别出 22 个 KBAs, 占比 51.16%。此时, 195 个样地一共有 112 个样地被识别为

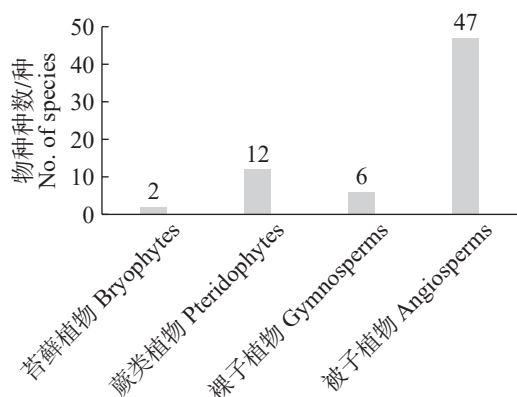
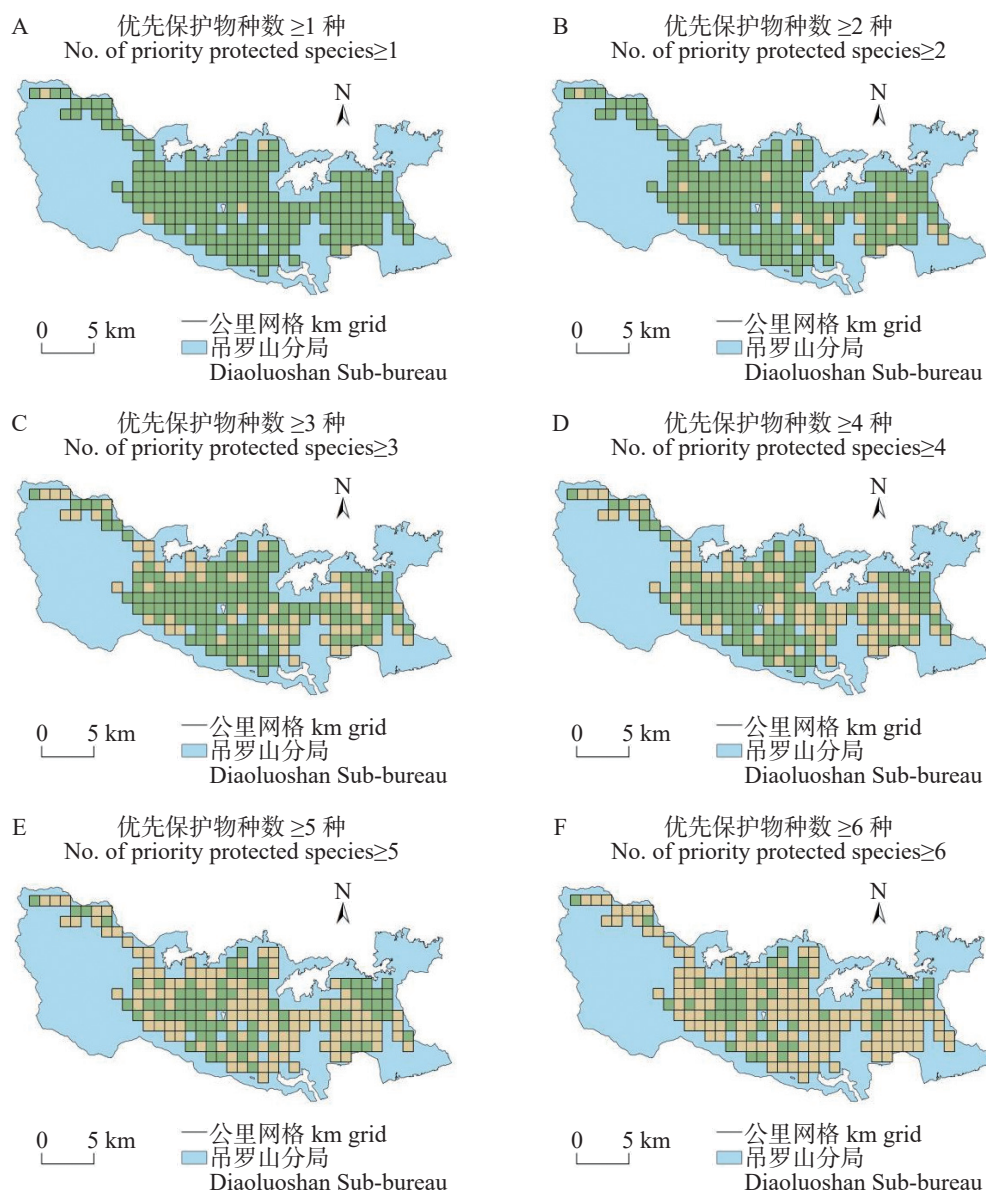


图 2 野外调查到的优先保护植物物种组成

Fig. 2 Species composition of priority protected plants surveyed in the field



绿色网格表示识别为 KBAs 的样地;黄色网格表示没有被识别为 KBAs 的样地;浅蓝色区域主要为一般控制区及核心保护区内人工林面积超过 90% 的区域,未进行识别。

Green grids indicate plots identified as KBAs; yellow grids indicate plots not identified as KBAs; light blue areas are mainly general control areas and areas with more than 90% of the plantation area in the core protected area, which are not identified.

图 3 基于优先保护植物物种识别的 KBAs 范围图

Fig. 3 Extent map of KBAs based on the identification of priority protected plant species

KBAs, 这 3 个管辖区对整体识别结果的贡献率高达 75.89%。此外,随着样地内的优先保护物种数从至少 2 种增加至少 4 种时,各个管辖区所识别出来的 KBAs 数量在逐渐减少。由此可见,白水管辖区、新安管辖区和南喜管辖区在生物多样性保护方面具有更高的保护价值,应被优先考虑并给予更多的保护资源支持。同时,值得注意的是,虽然在优先保护物种数 $n \geq 2$ 时,什岭管辖区和北坡管辖区的识别比例高达 100%,但这两个管辖区本身分布的样地数较少,

对整体识别结果的贡献率较低,分别为 1.14% 和 6.25%。

3 讨论

3.1 不同触发阈值下吊罗山核心保护区的 KBAs 识别比例 根据研究结果可以看出,基于《优先保护物种名录》,在不同优先保护物种触发阈值下,吊罗山核心保护区范围内识别出来的 KBAs 比例不同,一共有 67 种优先保护植物,在 195 个公里网格中,有优先物种分布的网格一共有 190 个,

表 1 不同数量优先保护植物的 KBAs 识别情况

Tab. 1 Triggering of KBAs by different numbers of priority protected plants

优先保护物种数(≥) No. of priority protected species	满足条件的样地个数 No. of plots	占比/% Percentage/%
1	190	97.44
2	176	90.26
3	134	68.72
4	112	57.44
5	78	40.00
6	50	25.64
7	27	13.85
8	14	7.18
9	4	2.05
10	3	1.54

占比 97.44%。这里存在一个问题,怎么确定识别 KBAs 的触发阈值?以《昆明-蒙特利尔全球生物多样性框架》提出的到 2030 年保护至少 30% 土地的目标为例,当样地内有 5 种及以上或 6 种以上优先保护物种时,195 个样地内的 KBAs 识别比结果基本满足 30% 的土地的目标,但考虑到识别的区域为吊罗山国家公园的核心保护区,尝试适当调整触发阈值,当识别优先保护物种 ≥ 4 时,57.44%

的识别比例较为合理,此时满足条件的优先保护物种有 62 种,占有海南热带雨林国家公园优先保护植物物种数(103 种)的 60.19%,占本次野外调查到的优先保护物种(67 种)的 93.93%。对比其他国家和地区的 KBAs 识别结果发现,日本在全域范围内一共识别出 228 个地点为 KBAs,其中识别出来的陆地部分总面积为 66000 km²,占陆地面积的 17.6%^[10](表 3),在所有识别出来的 KBAs 中,约有 9% 的 KBAs 被纳入现有保护区内,对 KBAs 的保护和管理还存在不足。与之情况类似的国家 and 地区还有土耳其^[33]和 马其顿^[34],纳入现有保护区的 KBAs 比例不高;与之相反的是印度-缅甸地区^[35]、上几内亚^[36]和 菲律宾^[37],在它们识别出来的 KBAs 中,有较高比例的 KBAs 已经被纳入了现有保护区。通过以上可以发现,目前仍存在 KBAs 识别区域与现有保护区区域之间的差异,潜在的影响是一方面存在保护空缺,另一方面是保护价值没有那么重要的区域被纳入保护体系之中,出现该情况可能的一个原因就是 KBAs 被用于指导保护区建设的例子较少,大多数国家和地区保护区快速扩张的时期早于 KBAs 识别进程。参考以上国家和地区的识别情况,结合研究区域的实际情况,最终确定的触发阈值为优先保护物种 $n \geq 4$

表 2 识别的 KBAs 在各个管护辖区的分布情况结果

Tab. 2 The distribution of identified KBAs in each station

名称 Name	样地总数 No. of plot	优先保护物种数 ≥ 4 priority protected species ≥ 4		优先保护物种数 ≥ 3 priority protected species ≥ 3		优先保护物种数 ≥ 2 priority protected species ≥ 2	
		KBAs数量 No. of KBAs	占比/% Percentage/%	KBAs数量 No. of KBAs	占比/% Percentage/%	KBAs数量 No. of KBAs	占比/% Percentage/%
什玲管护辖区 Shiling Management Jurisdictions	2	1	50.00	2	100.00	2	100.00
北坡管护辖区 Beipo Management Jurisdictions	11	4	36.36	5	45.45	11	100.00
南喜管护辖区 Nanxi Management Jurisdictions	43	22	51.16	31	72.09	38	88.37
帮岭管护辖区 Bangling Management Jurisdictions	33	13	39.39	17	51.52	27	81.82
新丰管护辖区 Xinfeng Management Jurisdictions	11	6	54.55	7	63.64	9	81.82
新安管护辖区 Xin'an Management Jurisdictions	42	29	69.05	32	76.19	40	95.24
白水管护辖区 Baishui Management Jurisdictions	43	34	79.07	36	83.72	40	93.02
黎安管护辖区 Li'an Management Jurisdictions	10	3	30.00	4	40.00	9	90.00

表 3 不同国家地区识别出来的 KBAs 的以及纳入保护区的 KBAs 占比

Tab. 3 Proportion of KBAs identified and included in protected areas by country and region

国家/地区	面积/km ²	KBAs面积/km ²	KBAs数量	KBAs面积占比/%	纳入保护区的KBAs/%
Country/Region	Area/km ²	Area of KBAs/km ²	No. of KBAs	KBAs area percentage/%	KBAs included in protected areas/%
日本					
Japan	374 773	68 265	228	17.6	9
土耳其					
Turkey	783 600	204 568.84	303	26	14
马其顿					
Macedonia	25 713	9 670	42	38	19
菲律宾					
Philippines	51 249	70 849.96	228	22 ^{1*}	40 ^{2*}
印度-缅甸					
Indo-Burma	2 237 285	258 085	438	11.5	57.8
上几内亚					
Upper Guinea	989 965	133 107	154	13	63

注: 1*. 22%表示陆地与海洋KBAs面积占比之和, 其中陆地KBAs面积占比为20%, 海洋KBAs面积占比为2%; 2*. 40%表示22%的KBAs纳入现有保护区与18%的KBAs得到部分保护。

Note: 1*. The 22% represents the combined area proportion of KBAs on land and in the ocean, with 20% being the area proportion of KBAs on land and 2% being the area proportion of KBAs in the ocean. 2*. 40% indicates that 22% of the KBAs are incorporated into existing protected areas and 18% of KBAs are partially protected.

最为合适。

3.2 不同管护站之间 KBAs 识别结果的差异 根据结果可知, 白水管护辖区、新安管护辖区和南喜管护辖区识别出来的 KBAs 比例较高, 在优先保护物种数 $n \geq 4$ 时, 3 个管护辖区内一共识别出 85 个 KBAs, 对整体识别 KBAs 结果的贡献率高达 75.89%。因为 8 个管护辖区之间的管护辖区面积均不相同, 分布公里网格的数量也不相同, 白水管护辖区、新安管护辖区和南喜管护辖区公里网格的分布数量最多, 分别有 43、42 和 43 个, 对于识别出来 KBAs 较多的区域, 在日后热带雨林国家公园的日常管理之中适当的资源倾斜进行合理保护。以往关于海南自然保护体系的研究侧重于保护区威胁的分析并从政策角度提出保护生物多样性的建议^[38-40], 有些则从森林生态系统保护角度提出保护体系建设的建议^[41], 有些则通过对岛内生态系统脆弱性的评价提出脆弱区的保护对策^[42], 也有侧重于保护体系的空间布局分析^[43]。而本研究则侧重于对现有国家公园范围进行 KBAs 识别, 更具体的指导保护行动的展开。

3.3 研究不足 一方面, 本研究利用 1 km×1 km 的公里网格进行野外调查, 研究区域被均匀地划分成大小统一的网格, 鉴于经费和人力限制, 本研究团队在网格内随机选择 1 个小样方进行植物调查, 从而获得植物分布数据, 但相比于 1 km×1 km 公

里网格的面积, 调查的 20 m×20 m 的植物样方还存在面积较小的问题, 后续的调查中, 建议考虑在公里网格内进行样方调查的同时也可在网格内设置 1~2 条样线, 将网格法和样线法相结合, 尽可能的包含样地内不同的地形和海拔, 进行补充调查。

另一方面, 本研究基于优先保护物种去识别 KBAs, 但该方法局限于物种层面, 未来关于国家公园范围内的 KBAs 识别还应该包括从生态系统层面进行识别。生物多样性是一个由物种、种群、群落和生态系统构成的等级系统, 它不仅包括物种、物种间的相互作用以及物种与环境间的相互作用, 而且也包括非生物过程(如生境干扰)。因此, 物种的保护必须与群落和生态系统保护相结合^[44-46]。为了更全面地识别国家公园范围内的 KBAs, 未来的研究应借鉴已有的生态系统层面识别方法。例如, 陈国科等^[47]参照 Rodriguez 等^[48]的评估体系, 对辽河三角洲 4 个自然生态系统受威胁等级进行评估; 同时, 他们还根据 IUCN 生态系统红色名录标准^[49], 评估了中国森林群系的风险状况, 确定了受威胁森林生态系统名录^[50]。此外, 还有研究通过确定特有、受威胁和稀有物种热点区域之间的空间一致性来确定可以代表中国西南地区维管植物的指标, 进而识别优先保护区^[51]。这些研究成果为本研究团队从物种至生态系统层面深入识别 KBAs 提供了宝贵的参考与启示。

值得注意的是,本研究在识别 KBAs 时,主要依据优先保护植物,未能充分考虑不同物种的独特属性和系统保护规划中的不可替代性,为了更全面地在国家公园范围内进行 KBAs 识别,未来的研究应综合考虑多个指标,包括物种的多样性、濒危程度、不可替代性,以及生态系统的价值等。

4 结 论

本研究针对海南热带雨林国家公园吊罗山片区的植物类群生物多样性关键区域(KBAs)进行了系统性的识别研究,首次在中国国家公园范围内识别 KBAs。本研究尝试以海南热带雨林国家公园管理局和海南国家公园研究院联合发布的《优先保护物种名录》为基础进行 KBAs 的划定,发现基于《优先保护物种名录》识别 KBAs 的方法能够精确地定位到生物多样性最为丰富的区域,这些区域往往也是珍稀濒危物种的主要栖息地。与传统方法相比,本研究方法更加聚焦于特定物种的保护需求,特别是那些在全球或区域范围内具有极高保护价值的物种,从而提高了保护措施的对性和有效性。其次,为未来在海南热带雨林国家公园范围内全面开展 KBAs 识别提供方法参考,同时,为中国其他国家公园相关工作提供典型案例。未来,建议进一步加强对这些 KBAs 的监测和保护力度,开展多类群生物多样性调查,进行 KBAs 识别,同时探索更多基于物种保护需求的生物多样性保护方法,以更好地应对全球生物多样性危机。

参考文献:

- [1] WU R D, ZHANG S, YU D W, et al. Effectiveness of China's nature reserves in representing ecological diversity[J]. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2011, 9(7): 383 – 389.
- [2] XU H G, CAO M C, WANG Z, et al. Low ecological representation in the protected area network of China[J]. *Ecology and Evolution*, 2018, 8(12): 6290 – 6298.
- [3] CBD(Convention on Biological Diversity). The global biodiversity outlook 5 (GBO-5)[EB/OL]. (2020-09-15) [2024-12-16]. <https://www.unep.org/resources/report/global-biodiversity-outlook-5-gbo-5>.
- [4] MARGULES C R, PRESSEY R L. Systematic conservation planning[J]. *Nature*, 2000, 405(6783): 243 – 253.
- [5] JUNG M, ARNELL A, DE LAMO X, et al. Areas of global importance for conserving terrestrial biodiversity, carbon and water[J]. *Nature Ecology & Evolution*, 2021, 5(11): 1499 – 1509.
- [6] CBD(Convention on Biological Diversity). Decision adopted by the conference of the parties to the convention on biological diversity on 1 November 2024[EB/OL]. (2024-11-01) [2024-12-16]. <https://www.cbd.int/doc/decisions/cop-16/cop-16-dec-22-en.pdf>.
- [7] CBD. Strategic plan for biodiversity 2011-2020, including Aichi Biodiversity Targets[EB/OL]. (2020-01-21) [2024-12-16]. <https://www.cbd.int/sp>.
- [8] DARBYSHIRE I, ANDERSON S, ASATRYAN A, et al. Important plant areas: revised selection criteria for a global approach to plant conservation[J]. *Biodiversity and Conservation*, 2017, 26(8): 1767 – 1800.
- [9] 叶鹏程, 刘灿, 王爱华, 等. 生物多样性关键区域的理论框架、指标体系与应用实践[J]. *应用生态学报*, 2023, 34(3): 835 – 845.
- [10] NATORI Y, KOHRI M, HAYAMA S, et al. Key biodiversity areas identification in Japan hotspot[J]. *Journal of Threatened Taxa*, 2012, 4(8): 2797 – 2805.
- [11] SCHOUTEN M A, BARENDREGT A, VERWEIJ P A, et al. Defining hotspots of characteristic species for multiple taxonomic groups in the Netherlands[J]. *Biodiversity and Conservation*, 2010, 19(9): 2517 – 2536.
- [12] 马克平. 中国生物多样性热点地区 (Hotspot) 评估与优先保护重点的确定应该重视[J]. *植物生态学报*, 2001, 25(1): 125.
- [13] 李迪强, 林英华, 陆军. 尤溪县生物多样性保护优先地区分析[J]. *生态学报*, 2002, 22(8): 1315 – 1322.
- [14] 徐卫华, 欧阳志云, 黄璜, 等. 中国陆地优先保护生态系统分析[J]. *生态学报*, 2006, 26(1): 271 – 280.
- [15] 栾晓峰, 黄维妮, 王秀磊, 等. 基于系统保护规划方法东北生物多样性热点地区和保护空缺分析[J]. *生态学报*, 2009, 29(1): 144 – 150.
- [16] 徐卫华, 欧阳志云, 张路, 等. 长江流域重要保护物种分布格局与优先区评价[J]. *环境科学研究*, 2010, 23(3): 312 – 319.
- [17] 侯盟, 唐小平, 黄桂林, 等. 国家公园优先保护区域识别: 以浙江丽水为例[J]. *应用生态学报*, 2020, 31(7): 2332 – 2340.
- [18] 孙工棋, 曲艺, 唐美庆, 等. 基于我国陆生濒危哺乳动物保护的生态功能区优先保护规划[J]. *生物多样性*, 2013, 21(1): 47 – 53.
- [19] DONG X D, GONG J R, ZHANG W Y, et al. Importance of including Key Biodiversity Areas in China's conservation area-based network[J]. *Biological Conservation*, 2024, 296: 110676.
- [20] 《热带林业》编辑部. 海南高质量推进海南热带雨林国家公园建设[J]. *热带林业*, 2022, 50(2): 1.
- [21] 海南国家公园研究院. 海南热带雨林国家公园优先保护物种名录[Z/OL]. (2022-10-28)[2024-12-16]. <https://hinp.org.cn/index/shows?catid=26&id=117>.
- [22] 海南省人民政府. 海南国家公园研究院副院长汪继超:

- 科学开展海南热带雨林国家公园生物多样性保护[EB/OL]. (2022-12-10)[2024-12-16]. <https://www.hainan.gov.cn/hainan/5309/202212/ee1c2f1ee1dc4117b4e749eeecb16362.shtml>.
- [23] 中华人民共和国生态环境部, 中国科学院. 关于发布《中国生物多样性红色名录-脊椎动物卷(2020)》和《中国生物多样性红色名录-高等植物卷(2020)》的公告[EB/OL]. (2023-05-19)[2024-12-16]. https://www.mee.gov.cn/xxgk/2018/xxgk/xxgk01/202305/t20230522_1030745.html.
- [24] 中华人民共和国中央人民政府. 新调整的《国家重点保护野生动物名录》公布[EB/OL]. (2021-02-09)[2024-12-16]. https://www.gov.cn/xinwen/2021-02/09/content_5586227.htm.
- [25] 林草局, 农业农村部. 国家重点保护野生植物名录[EB/OL]. (2021-09-07)[2024-12-16]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2021-09/09/content_5636409.htm.
- [26] 李晨笛, 梁宜文, 杨小波, 等. 吊罗山热带天然林物种多样性的海拔分布格局[J]. *广西植物*, 2023, 43(5): 912–922.
- [27] 海南热带雨林国家公园. 吊罗山[EB/OL]. (2019-10-27)[2024-12-16]. <https://www.hntrnp.com/news/2019/show-5.html>.
- [28] 王峥嵘, 安树青, CAMPELL D G, 等. 海南岛吊罗山山地雨林物种多样性[J]. *生态学报*, 1999, 19(1): 61–67.
- [29] 黄康有, 廖文波, 金建华, 等. 海南岛吊罗山植物群落特征和物种多样性分析[J]. *生态环境*, 2007, 16(3): 900–905.
- [30] 丁坦, 廖文波, 金建华, 等. 海南岛吊罗山种子植物区系分析[J]. *广西植物*, 2002, 22(4): 311–319.
- [31] 李佳灵. 海南吊罗山热带雨林群落结构及物种多样性研究[D]. 海口: 海南大学, 2013.
- [32] 肖能文, 赵志平, 李果, 等. 中国生物多样性保护优先区域生物多样性调查和评估方法[J]. *生态学报*, 2022, 42(7): 2523–2531.
- [33] EKEN G, ISFENDIYAROĞLU S, YENIYURT C, et al. Identifying key biodiversity areas in Turkey: a multi-taxon approach[J]. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, 2016, 12(3): 181–190. doi:10.1080/21513732.2016.1182949
- [34] MELOVSKI L, VELEVSKI M, MATEVSKI V, et al. Using important plant areas and important bird areas to identify Key Biodiversity Areas in the Republic of Macedonia[J]. *Journal of Threatened Taxa*, 2012, 4(8): 2766–2778.
- [35] TORDOFF A W, BALTZER M C, FELLOWES J R, et al. Key biodiversity areas in the Indo-Burma Hotspot: process, progress and future directions[J]. *Journal of Threatened Taxa*, 2012, 4(8): 2779–2787.
- [36] KOUAME O M L, JENGRE N, KOBELE M, et al. Key Biodiversity Areas identification in the upper guinea forest biodiversity hotspot[J]. *Journal of Threatened Taxa*, 2012, 4(8): 2745–2752.
- [37] AMBAL R G R, DUYA M V, CRUZ M A, et al. Key biodiversity areas in the Philippines: priorities for conservation[J]. *Journal of Threatened Taxa*, 2012, 4(8): 2788–2796.
- [38] 孙玉军, 刘艳红. 海南自然保护区体系建设与生物多样性保护[J]. *北京林业大学学报*, 2000, 22(4): 22–24.
- [39] 覃新导, 刘永花. 海南岛生物多样性及其保护对策[J]. *热带农业科学*, 2007, 27(6): 50–53.
- [40] 曾娅杰, 徐基良, 崔国发, 等. 人类活动对海南岛大型兽类资源的影响及保护对策研究[J]. *四川动物*, 2010, 29(5): 550–555.
- [41] 周祖光. 海南中部生态功能保护区生物多样性研究[J]. *水土保持研究*, 2006, 13(4): 87–89.
- [42] 黄宝荣, 欧阳志云, 张慧智, 等. 海南岛生态环境脆弱性评价[J]. *应用生态学报*, 2009, 20(3): 639–646.
- [43] 张路, 欧阳志云, 肖焱, 等. 海南岛生物多样性保护优先区评价与系统保护规划[J]. *应用生态学报*, 2011, 22(8): 2105–2112.
- [44] FRANKLIN J F. Preserving biodiversity: species, ecosystems, or landscapes?[J]. *Ecological Applications*, 1993, 3(2): 202–205.
- [45] NOSS R F. Ecosystems as conservation targets[J]. *Trends in Ecology & Evolution*, 1996, 11(8): 351.
- [46] COWLING R M, HEIJNIS C E. The identification of Broad Habitat Units as biodiversity entities for systematic conservation planning in the Cape Floristic Region[J]. *South African Journal of Botany*, 2001, 67(1): 15–38.
- [47] 陈国科, 马克平. 生态系统受威胁等级的评估标准和方法[J]. *生物多样性*, 2012, 20(1): 66–75.
- [48] RODRÍGUEZ J P, RODRÍGUEZ-CLARK K M, BAILLIE J E M, et al. Establishing IUCN red list criteria for threatened ecosystems: establecimiento de criterios para la Lista roja de UICN de ecosistemas amenazados[J]. *Conservation Biology*, 2011, 25(1): 21–29.
- [49] BLAND L M, KEITH D A, MILLER R M, et al. Guidelines for the application of IUCN Red List of Ecosystems categories and criteria[R]. Grande: IUCN, 2017.
- [50] CHEN G K, WANG X, MA K P. Red list of China's forest ecosystems: a conservation assessment and protected area gap analysis[J]. *Biological Conservation*, 2020, 248: 108636.
- [51] ZHANG Y B, WANG G Y, ZHUANG H F, et al. Integrating hotspots for endemic, threatened and rare species supports the identification of priority areas for vascular plants in SW China[J]. *Forest Ecology and Management*, 2021, 484: 118952.

Identification of key biodiversity areas (KBAs) in Diaoluo mountain, Hainan Tropical Rainforest National Park

ZHANG Ze^{1#}, SHI Youhai^{1,3}, ZHANG Changda², DU Yanjun^{1*}

(1. School of Tropical Agriculture and Forestry(School of Agricultural and Rural Affairs, School of Rural Revitalization) Hainan University, Haikou 570000, China; 2. Diaoluoshan Sub-bureau of Hainan Tropical Rainforest National Park Administration, Lingshui, Hainan 572400, China;

3. Hainan Key Laboratory for Biology of Tropical Ornamental Plant Germplasm, Hainan University, Haikou 570228, China)

Abstract: To identify Key Biodiversity Areas (KBAs) within national parks and allocate limited conservation resources effectively, this study takes the Diaoluo Mountain core protection area of Hainan Tropical Rainforest National Park as a case study. A grid-based methodology was employed to conduct plant taxa surveys, and priority plant species within the study area were determined according to the Checklist of Priority Protected Species in Hainan Tropical Rainforest National Park. KBAs were identified based on the number of priority protected species present within the sample plots. The results revealed that a total of 67 priority protected plant species were recorded in the 195 surveyed sample plots, which accounted for 65.05% of all priority protected plant species listed in Hainan Tropical Rainforest National Park. When the number of priority protected species was no less than 4, the proportion of plots identified as KBAs was 57.44%. When the number of priority protected species was no less than 5, the proportion of KBA-identified plots was 40.00%. When the number of priority protected species was no less than 6, the proportion of KBA-identified plots was 25.64%. The Baishui, Xin'an and Nanxi management jurisdictions have higher conservation value, contributing over 70% to the overall KBAs identification results. This study provides critical insights into plant conservation within Diaoluo Mountain National Park and offers specific guidance for biodiversity conservation actions in national parks. It also delivers vital technical support for systematic KBA identification in Hainan Tropical Rainforest National Park, serving as a model for similar efforts in China's national park system.

Keywords: Hainan Tropical Rainforest National Park; Key Biodiversity Areas; KBAs; Checklist of Priority Protected Species; Plant Taxa

(责任编辑: 钟云芳)