

DOI: 10.20098/j.cnki.1001-5132.2023.1240

象山无居民岛屿植物区系和群落构成

李赛强¹, 孙楠¹, 沈思道¹, 李渭强², 孙喜庆², 尹涵滨², 程晓燕³,
王建庆⁴, 卞正平³, 杨晓东^{1,2*}

(1.宁波大学 土木工程与地理环境学院, 浙江 宁波 315211; 2.宁波大学 东海研究院, 浙江 宁波 315211;
3.宁波市林场, 浙江 宁波 315440; 4.宁波海洋研究院, 浙江 宁波 315832)

摘要: 岛屿因其独特的地理和生态特征拥有丰富的生物多样性。为了给中国东部象山海域无居民岛屿的植物多样性保护提供基础数据和科学支撑, 本文结合样方和样线方法对浙江省象山县 30 座无居民岛屿的维管束植物进行了调查, 并分析岛屿植物区系、群落构成和植物物种多样性。结果表明: (1)研究区共发现维管束植物 95 科 220 属 304 种。 (2)岛屿植物属区系成分复杂, 15 种区系皆有分布, 热带成分占 44.26%, 温带、亚热带成分占 55.74%。 (3)岛屿植被类型以常绿阔叶林和灌草丛为主, 共有 27 种植物群落, 乔木层优势物种以马尾松(*Pinus massoniana*)、青冈(*Quercus glauca*)和黄檀(*Dalbergia hupeana*)为主; 灌木层、草本层的优势种取决于其所处的环境。 (4)岛屿物种丰富度与面积呈现显著正相关($P < 0.001$), 但是不同生活型植物之间对面积的变化程度存在差异, 草本变化程度最小, 乔木最大。

关键词: 无居民岛屿; 植物区系; 群落构成; 生活型; 多样性

中图分类号: Q948.2

文献标志码: A

文章编号: 1001-5132 (2024) 05-0079-09

岛屿生态系统由于其特殊的地理位置和环境条件, 加之与大陆之间长期存在生物地理隔离, 导致岛屿生物多样性呈现特有的生态模式^[1-4]。岛屿上特殊的生物多样性及其形成机制和演变模式吸引着生物学家和生态学家的广泛兴趣^[5-6]。例如, 1859 年 Darwin 根据对加拉帕戈斯群岛的研究提出了生物进化论^[7]; 1963 年 Macarthur 等^[5]提出了岛屿动物地理学的平衡理论; 1967 年 Macarthur 等^[8]发表了岛屿生物平衡理论和岛屿生物地理学理论, 进而开启了岛屿研究的新篇章。

植物作为岛屿生态系统的重要组成部分, 是影响岛屿生态系统的重要因素^[9]。探明岛屿上的植物群落物种组成及物种多样性分布格局, 深入了解岛屿的生态过程、竞争机制和物种演化, 有助于生态学和植物地理学理论的发展。

我国岛屿资源丰富, 岛屿的总数量超过 11 000 座, 其中浙江省岛屿数量约占中国岛屿总量的 40%。从 20 世纪 30 年代开始, 相关学者在不同时期对浙江各岛屿开展了植物调查和研究工作, 主要包括植物区系、植物群落以及物种多样性的研究^[10-14], 如在台州列岛^[15]、北麂列岛^[16]和其他浙江沿海岛屿^[17]。

目前, 针对象山海域内诸岛屿的植物研究较为鲜见, 数据不足以反映象山岛屿上的植被情况, 因此造成了该区域岛屿生态保护和科学研究的基础性数据匮乏。为了给岛屿植物多样性保护提供基础数据, 也为岛屿生物地理学、生态学和植物学的研究提供资料, 本文选取位于象山海域的 30 座无居民岛屿进行野外植物调查, 分析岛屿植物区系、群落构成、科属种和植物生活型及珍稀濒危物

收稿日期: 2023-12-29.

宁波大学学报(理工版)网址: <http://journal.lg.nbu.edu.cn/>

基金项目: 国家自然科学基金(42371027); 宁波市重点研发计划暨“揭榜挂帅”项目(2023Z146)。

第一作者: 李赛强, 硕士研究生, 主要研究方向: 植物地理学. E-mail: 2211420010@nbu.edu.cn

*通信作者: 杨晓东, 博士/教授, 主要研究方向: 植物地理学. E-mail: xjyangxd@sina.com

种的现状,以期填补浙江省象山县无居民岛屿植物研究的空白。

1 研究方法

1.1 研究区概况

宁波市象山县海域辽阔,岛屿资源丰富,数量达 505 座,占宁波岛屿总数的 82.7%。象山县岛屿地貌以丘陵为主,土壤以红壤和黄壤为主,岛屿植被类型主要有常绿阔叶林、落叶针叶林和灌草丛群落等。研究区属亚热带季风气候,四季分明,无霜期年平均约 248 d,近 5 年年均气温约 18.3 °C,年均降水量超过 1 574.8 mm,年均日照时数为 1 482~1 656 h。

本文随机选取研究区 30 座无人岛屿(28°55′~29°25′N, 121°45′~122°10′E),这些岛屿的平均面积为 0.181 2 km²,其中最大岛屿面积为 1.337 1 km²,最小岛屿面积为 0.014 km²。

1.2 样地选择与调查

2023 年 4—5 月结合样方法和样线法,使用无人机航拍作为辅助调查手段,对整个岛屿上的维管束植物进行全面的物种调查。

根据王国明等^[12]研究,岛屿植物样方设置为 20 m×20 m,在面积大于 1.0 km²的岛屿上布设木本样方 3 个,分别位于迎风坡、背风坡及山顶;面积在 0.5~1.0 km²的岛屿上布设木本样方 2 个,分别位于山顶及山腰;面积小于 0.5 km²的岛屿上布设木本样方 1 个,位于山顶。在每个木本样方的四角及中心点布设 1 m×1 m 的草本样方进行草本调查,累计设置木本样方 36 个,草本样方 180 个。开展样方调查时,乔木层和灌木层记录所有胸径大于 1.5 cm 树种的名称、株数、高度、胸径、基径;藤本层记录所有种的名称、数量、粗度、多度、盖度;草本层记录所有种的名称、多度、盖度、高度。同时记录样方的坐标、海拔、坡度、坡向、人为干扰等生境因子,并拍摄植物照片。对存疑的物种标本则带回实验室根据文献[18-19]进行二次鉴定,确认其具体种类。

1.3 数据处理与分析

岛屿上植物群落的物种重要值(I_v)、物种丰富度指数(R)的计算公式^[20-21]为:

乔木层物种重要值:

$$I_v = \frac{D_r + P_r + F_r}{3},$$

灌木层、草本层物种重要值:

$$I_v = \frac{C_r + F_r}{2},$$

其中:

$$D_r = \frac{N_i}{\sum N} \times 100\%,$$

$$P_r = \frac{A_i}{\sum A} \times 100\%,$$

$$C_r = \frac{C_i}{\sum C} \times 100\%,$$

$$F_r = \frac{F_i}{\sum F} \times 100\%,$$

D_r 为相对密度; N_i 为某物种个体数; $\sum N$ 为所有物种个体数之和; P_r 为相对优势度; A_i 为某物种胸高断面积; $\sum A$ 为所有物种总胸高断面积之和; C_r 为相对盖度; C_i 为某物种盖度; $\sum C$ 为所有物种总盖度之和; F_r 为相对频度; F_i 为某物种频度; $\sum F$ 为所有种频度之和。

根据各层植物的重要值大小,进行植被类型划分,通常将重要值较高的植物种群视为优势种群,进而确定该样方的主要植被类型。

物种丰富度指数计算公式为:

$$R = S,$$

式中: S 是每个样地中的物种总数。

使用对数转换的幂函数模型来表征岛屿物种丰富度以及不同生活型植物物种丰富度与岛屿面积之间的关系^[22],其计算公式为:

$$\log S = \log c + z \times \log S_A,$$

式中: S_A 是岛屿面积; z 和 $\log c$ 是拟合参数,分别代表模型的斜率和截距,其中 z 表示物种丰富度随面积变化的速率,通常用作衡量物种、群落对片段化生境的敏感性^[23]。由于部分岛屿乔木物种数量为 0,因此设定所有岛屿的木本植物物种数加 1,以使对数变换有意义。

以文献[24-25]作为植物属的区系划分依据。物种区系分析、科属种组成、物种重要值和多样性指数计算在 Excel 软件中进行。不同生活型植物物种丰富度的累计曲线和种与岛屿面积的拟合采用 R 软件中的“ggplot2”包和“segmented”包。根据

大疆精灵 4 pro V2.0 无人机的航拍影像资料, 在 Pix4D Mapper 软件中拼接, 生成正射影像图; 然后利用 ArcGIS 10.4 软件进行目视解译, 勾绘岛屿上不同植物群落的分布区, 岛屿 shp 文件、面积、经纬度、海拔等数据来源于宁波海洋研究院。

2 结果与分析

2.1 科属种组成

本次调查共记录各类植物 95 科 220 属 304 种, 其中野生植物 93 科 218 属 302 种, 栽培植物 2 科 2 属 2 种, 分别为枇杷(*Eriobotrya japonica*)和杨梅(*Morella rubra*)。物种累计曲线(图 1(a))表明, 随着岛屿数量的增加, 岛屿总物种数以及乔木、灌木、

草本物种数曲线呈现先上升后放缓的趋势, 表明 30 座无居民岛屿植物调查数据充分。从科的组成看, 菊科(*Asteraceae*)20 属 28 种居植物物种第 1 位, 第 2 位是禾本科(*Poaceae*)15 属 18 种, 第 3 位是豆科(*Fabaceae*)13 属 18 种。3 种及以上的科共 41 个, 占 43.16%; 2 种及以下的科 54 个, 占 56.84%。从属的组成看, 以冬青属(*Ilex*)、栎属(*Quercus*)和蔷薇属(*Rosa*)植物物种组成最多, 均为 5 种植物, 包含 3 种及以上植物的属共 20 属, 占 9.09%, 2 种及以下植物的属共 200 属, 占 90.91%。

每座岛屿上的总物种数从 10 种到 66 种不等, 乔木物种数从 0 种到 14 种不等, 灌木物种数从 2 种到 25 种不等, 草本物种数从 8 种到 32 种不等, 平均物种数为(38.10±15.03)种。物种总丰富度前三的岛屿分别是大门山岛 61 种、中界山岛 58 种、诗人山岛 57 种; 乔木物种丰富度前三的岛屿分别是大门山岛 14 种、中界山岛和诗人山岛 13 种、打鼓峙岛 12 种; 灌木物种丰富度前三的岛屿是大门山岛 25 种、南山岛 23 种、中界山岛 20 种; 草本物种丰富度前三的岛屿分别是南山岛 32 种、牒屿山岛和泥螺岛 31 种、练杵山岛和布袋山岛 29 种。详见表 1。

表 1 岛屿基本信息

岛屿名称	面积/ km ²	物种组成			生活型		
		科	属	种	乔木	灌木	草本
饭甗山岛	0.184 177	30	37	40	8	14	18
牒屿山岛	0.022 352	32	48	53	7	15	31
庵山岛	0.144 000	19	24	39	9	12	18
打鼓峙岛	1.337 120	36	52	55	12	16	27
礁尾屿	0.013 778	24	28	28	3	11	14
金龙屿	0.026 672	32	43	43	5	14	24
毛蚶山岛	0.022 618	30	38	38	8	7	23
汰网屿山岛	0.105 679	36	49	50	6	16	28
八排门岛	0.060 851	14	16	36	9	12	15
草鞋靶山岛	0.012 488	13	14	20	0	7	13
南山岛	1.038 803	36	50	66	11	23	32
老鼠山大礁	0.007 825	16	18	23	3	5	15
中界山岛	0.754 313	40	53	58	13	20	25

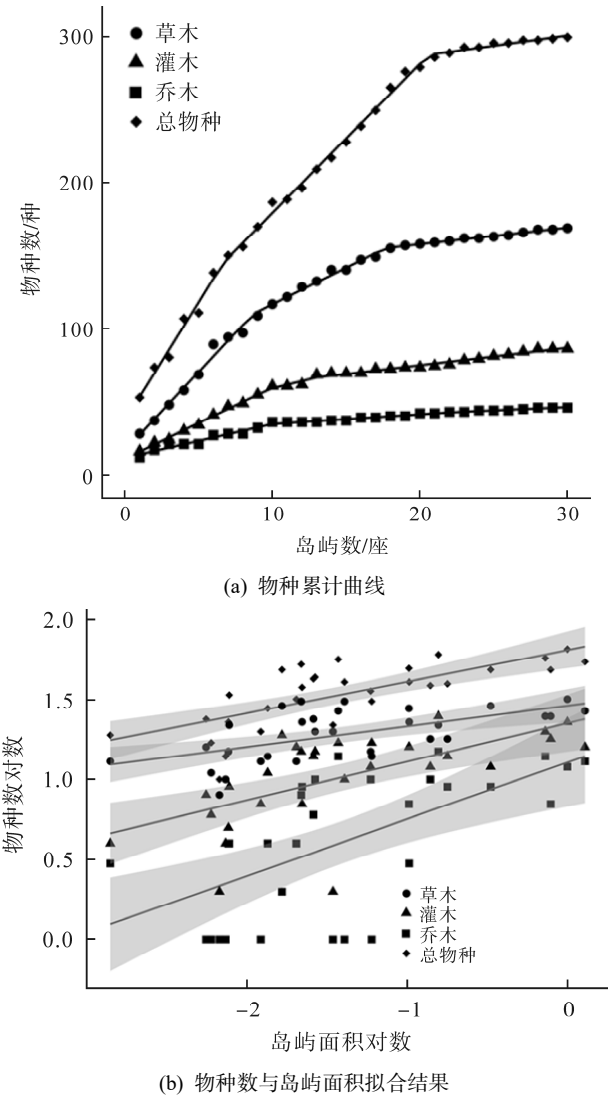


图 1 不同生活型植物的物种累计曲线和植物物种数与岛屿面积拟合结果

续表							
岛屿 名称	面积/ km ²	物种组成			生活型		
		科	属	种	乔木	灌木	草本
小铜钱屿	0.027 327	32	43	44	9	15	20
猪娘山岛	0.020 849	24	30	32	3	16	13
小猪娘山岛	0.001 427	10	16	19	2	4	13
牛栏基岛	0.815 626	27	32	49	6	18	25
大蚕岛	0.061 760	24	30	31	0	17	14
一岳山岛	0.106 104	28	40	41	2	16	23
玉印礁	0.007 917	20	30	34	3	9	22
大门山屿	0.161 506	40	51	61	14	25	22
布袋山岛	0.343 755	33	43	49	8	12	29
练杵山屿	0.016 959	32	44	49	1	19	29
田螺头礁	0.007 519	8	10	14	0	4	10
诗人山岛	0.038 124	36	54	57	13	17	27
横山礁	0.005 677	14	16	24	0	8	16
小门头山礁	0.006 108	11	12	17	0	6	11
弥陀屿	0.035 352	19	21	22	0	2	20
泥螺岛	0.041 735	23	38	41	0	10	31
鸟礁	0.006 884	5	6	10	0	2	8
合计		95	220	304	44	87	164

2.2 植物区系组成

对象山无居民岛屿 220 属植物的分布区类型进行统计分析, 结果见表 2. 从表 2 可知, 15 种分布区类型象山无居民岛屿野生植物皆有分布. 各种热带区系成分(2~7 项)共计 81 属, 占植物总属数的 44.26%(不含世界分布属). 其中泛热带分布型占优, 共 31 属, 占热带成分总属数的 38.27%, 常见代表属有算盘子属(*Glochidion*)、冬青属、木防己属(*Cocculus*)、黄檀属(*Dalbergia*)、菝葜属(*Smilax*)、山萼兰属(*Dianella*)、紫金牛属(*Ardisia*)等; 其次是热带亚洲(印度-马来西亚)分布, 共 15 属, 占热带成分总属数的 18.52%, 常见代表属有石斑木属(*Rhaphiolepis*)、山茶属(*Camellia*)、虎皮楠属(*Daphniphyllum*)、木荷属(*Schima*)、木槿属(*Hibiscus*)等; 旧世界热带分布型位居第三, 共计 14 属, 占热带成分总属数的 17.28%, 常见代表属有天门冬属

(*Asparagus*)、海桐花属(*Pittosporum*)、千金藤属(*Stephania*)等; 热带亚洲和热带大洋洲分布型 11 属, 占热带成分总属数的 13.58%, 常见代表属有吴茱萸属(*Tetradium*)、臭椿属(*Ailanthus*)、小二仙草属(*Gonocarpus*)等; 热带亚洲和热带美洲间断分布型 7 属, 占热带成分总属数的 8.64%, 常见代表属有樟属(*Cinnamomum*)、木姜子属(*Litsea*)、桉属(*Eurya*)、红豆属(*Ormosia*)等; 热带亚洲至热带非洲分布型 3 属, 占热带成分总属数的 3.70%, 常见代表属有贯众属(*Cyrtomium*)等.

表 2 岛屿植物属的分布区类型

序号	分布区类型	属数	占比/%
1	世界分布	37	—
2	泛热带分布	31	16.94
3	热带亚洲和热带美洲间断分布	7	3.83
4	旧世界热带分布	14	7.65
5	热带亚洲和热带大洋洲分布	11	6.01
6	热带亚洲至热带非洲分布	3	1.64
7	热带亚洲(印度-马来西亚)分布	15	8.20
8	北温带分布	46	25.14
9	东亚和北美间断分布	12	6.56
10	旧世界温带分布	15	8.20
11	温带亚洲分布	1	0.55
12	地中海、西亚至中亚分布	1	0.55
13	中亚分布	1	0.55
14	东亚(东喜马拉雅-日本)分布	25	13.66
15	中国特有分布	1	0.55
合计		220	100

注: 百分比不包含世界分布.

各种温带、亚热带区系成分(8~15 项)共计 102 属, 占植物总属数的 55.74%(不含世界分布属), 稍高于热带成分比例. 在各种温带成分中, 以北温带分布最多, 共计 46 属, 占各种温带、亚热带区系成分总属数的 45.10%, 常见代表属有松属(*Pinus*)、栎属、桑属(*Morus*)、榆属(*Ulmus*)、紫堇属(*Corydalis*)、景天属(*Sedum*)、葡萄属(*Vitis*)、胡颓子属(*Elaeagnus*)、忍冬属(*Lonicera*)、天南星属(*Arisaema*)、百合属(*Lilium*)等; 其次是东亚(东喜马拉雅-日本)分布型, 共计 25 属, 占各种温带、亚热带区系成分总属数的 24.51%, 常见代表属有化香

树属(*Platycarya*)、欆木属(*Loropetalum*)、野鸦椿属(*Euscaphis*)、大吴风草属(*Farfugium*)等; 旧世界温带分布型位居第三, 共 15 属, 占各种温带、亚热带区系成分总属数的 14.71%, 常见代表属有女贞属(*Ligustrum*)、菊属(*Chrysanthemum*)、野芝麻属(*Lamium*)等; 东亚和北美间断分布型共计 12 属, 占各种温带、亚热带区系成分总属数的 11.76%, 常见代表属有溲疏属(*Deutzia*)、胡枝子属(*Lespedeza*)、紫藤属(*Wisteria*)、蛇葡萄属(*Ampelopsis*)、络石属(*Trachelospermum*)等. 温带亚洲分布型、地中海-西亚至中亚分布型、中亚分布型、中国特有分布型各有 1 属, 分别是黄鹌菜属(*Youngia*)、常春藤属(*Hedera*)、假烟堇属(*Pseudofumaria*)以及箬竹属(*Indocalamus*).

世界分布型共 37 属, 占植物总属数的 16.82%, 常见代表属有酸模属(*Rumex*)、繁缕属(*Stellaria*)、车前属(*Plantago*)、莎草属(*Cyperus*)、薹草属(*Carex*)、酢浆草属(*Oxalis*)、碱蓬属(*Suaeda*)、飞蓬属(*Erigeron*)、芥属(*Capsella*)、茄属(*Solanum*)、悬钩子属(*Rubus*)、早熟禾属(*Poa*)等.

2.3 群落构成及分布

本次调查的 30 座无居民岛屿上天然植被类型中森林较少, 灌丛和草丛占优. 根据重要值大小得出, 群落以青冈(*Cyclobalanopsis glauca*)群落、马尾松(*Pinus massoniana*)群落、木荷(*Schima superba*)群落、黄檀(*Dalbergia hupeana*)群落、油桐(*Vernicia fordii*)群落、化香树(*Platycarya strobilacea*)群落、五节芒(*Miscanthus floridulus*)群落和酸模(*Rumex acetosa*)群落为主, 30 座无居民岛屿共有 27 种植被群落类型(图 2), 其中杨梅群落为人工种植. 在这些植被群落中, 乔木层优势物种主要以青冈、木荷、马尾松、樟(*Cinnamomum camphora*)、化香树(*Platycarya strobilacea*)、朴树(*Celtis sinensis*)、红楠(*Machilus thunbergii*)和枫香树(*Liquidambar formosana*)为主; 灌木层优势物种以欆木(*Loropetalum chinense*)、雀梅藤(*Sageretia thea*)、油桐、算盘子(*Glochidion puberum*)、海桐(*Pittosporum tobira*)、密花树(*Myrsine seguinii*)、滨柃(*Eurya emarginata*)、天仙果(*Ficus erecta*)和胡颓子(*Elaeagnus pungens*)为主, 藤本植物以野蔷薇(*Rosa multiflora*)、菝葜(*Smilax china*)、络石

(*Trachelospermum jasminoides*)和蛇葡萄(*Ampelopsis glandulosa*)为主; 草本层优势物种以五节芒、油菜(*Brassica rapa*)、酸模、山菅兰(*Dianella ensifolia*)、葛(*Pueraria montana*)、野菊(*Chrysanthemum indicum*)和白茅(*Imperata cylindrica*)为主. 基岩海岸岛屿上分布的植物以灌木为主, 如海桐、滨柃和密花树等; 沙砾质海岸岛屿上分布的植物以沙生草本植物为主, 如肾叶打碗花(*Calystegia soldanella*)、单叶蔓荆(*Vitex rotundifolia*)和青绿薹草(*Carex breviculmis*)等; 淤泥质海岸岛屿上分布的植物以盐生草本植物为主, 如分布在潮间带的碱蓬(*Suaeda glauca*)和互花米草(*Spartina alterniflora*).

调查还记录了国家二级保护^[26]野生植物 2 科 2 属 2 种, 分别是花榈木(*Ormosia henryi*)以及天竺桂(*Cinnamomum japonicum*); 浙江省重点保护^[27]植物 3 科 4 属 4 种, 分别是海滨木槿(*Hibiscus hamabo*)、全缘冬青(*Ilex integra*)、柃木(*Eurya japonica*)和山茶(*Camellia japonica*). 以上保护物种只有柃木的分布范围超过 2 座岛屿, 其余植物只在单岛上分布(表 3). 对于分布范围小的保护植物, 要注重就地保护, 加强生态管理, 划定生态红线, 保证生存空间和生长资源. 此外, 本次调查记录了宁波市 2 种新分布物种, 分别是福参(*Angelica morii*)和葱叶兰(*Triglochin maritima*).

2.4 生活型组成

本次调查记录草本植物 159 种, 草质藤本 5 种, 灌木 61 种, 乔木 44 种, 木质藤本 26 种, 蕨类 7 种, 竹类 2 种. 其中草本(含草质藤本)分为一年生草本(38 种)和二年生或多年生草本(126 种); 木本分为常绿阔叶灌木(31 种)、常绿阔叶木质藤本(18 种)、落叶阔叶灌木(30 种)、落叶阔叶木质藤本(8 种)、常绿阔叶乔木(22 种)、落叶阔叶乔木(21 种)、落叶针叶乔木(1 种); 蕨类(7 种)以及竹类(2 种), 详见表 4. 草本(含草质藤本)植物占比最高, 达 53.95%, 共 164 种; 其次是灌木(含木质藤本), 占比 28.62%, 共 87 种; 而乔木占比仅有 14.47%, 共 44 种.

进一步分析不同生活型植物物种丰富度和岛屿面积之间的关系(图 1(b)). 从图 1(b)可知, 植物种数与岛屿面积的拟合结果为: 总物种 $y = 1.81 + 0.20x$, $R^2 = 0.53$; 乔木 $y = 1.10 + 0.35x$, $R^2 = 0.37$; 灌木 $y = 1.35 + 0.24x$, $R^2 = 0.40$; 草本 $y = 1.46 +$



表 3 保护植物和宁波新分布植物

种名	属	科	保护级别	分布岛屿
花榈木(<i>Ormosia henryi</i>)	红豆属	豆科	国家二级	诗人山岛
天竺桂(<i>Cinnamomum japonicum</i>)	樟属	樟科	国家二级	一岳山岛
海滨木槿(<i>Hibiscus hamabo</i>)	木槿属	锦葵科	省重点	大门山屿
全缘冬青(<i>Ilex integra</i>)	冬青属	冬青科	省重点	南山岛
柃木(<i>Eurya japonica</i>)	柃属	山茶科	省重点	练杵山屿、布袋山岛、一岳山岛、南山岛、金 龙屿、牛栏基岛、猪娘山岛、诗人山岛、大门山屿
山茶(<i>Camellia japonica</i>)	山茶属	山茶科	省重点	布袋山岛
福参(<i>Angelica morii</i>)	当归属	伞形科	宁波新分布	金龙屿、牛栏基岛、猪娘山岛、牒屿山屿
葱叶兰(<i>Triglochin maritima</i>)	水麦冬属	水麦冬科	宁波新分布	牒屿山屿

表 4 植物生活型组成

序号	生活型	物种总数/种	占比/%	序号	生活型	物种总数/种	占比/%
1	一年生草本	38	12.50	7	常绿阔叶乔木	22	7.24
2	二年生至多年生草本	126	41.45	8	落叶阔叶乔木	21	6.91
3	常绿阔叶灌木	31	10.20	9	落叶针叶乔木	1	0.33
4	常绿阔叶木质藤本	18	5.92	10	蕨类	7	2.30
5	落叶阔叶灌木	30	9.87	11	竹类	2	0.66
6	落叶阔叶木质藤本	8	2.63		共计	304	100

0.13x, $R^2=0.36$. 物种丰富度与岛屿面积之间呈现显著的正相关($P<0.001$); 种与面积关系的斜率分别为岛屿总物种 $z=0.20$ 、乔木 $z=0.35$ 、灌木 $z=0.24$ 、草本 $z=0.13$.

3 结论与讨论

针对位于象山海域 30 座无居民岛屿开展的植物调查分析, 结果发现:

(1)本次调查共记录各类植物 95 科 220 属 304 种, 其中国家二级保护野生植物 2 种, 浙江省重点保护植物 4 种, 宁波市新分布物种 2 种. 象山无居民岛屿植物小科和极小科的数量十分丰富, 充分证明了科级组成的复杂性, 其绝大多数属的物种数量较少, 极少数属存在超过 3 种植物, 在属的组成上存在一定的平衡.

(2)象山无居民岛屿植物区系成分复杂, 来源于各种地理成分, 各种热带成分(占 44.26%)和温带、亚热带成分(占 55.74%)相近, 但是温带、亚热

带成分略占优势, 充分反映出象山岛屿野生植物具有中亚热带区系, 并由亚热带向暖温带过渡的性质. 与同处浙江沿海的舟山群岛(热带区系占 46.5%, 温带、亚热带区系占 53.5%)和台州市岛屿(热带区系占 55.3%, 温带、亚热带区系占 44.7%)维管束植物属的分布区类型进行比较^[28], 发现象山岛屿植物区系与舟山群岛的关系更为密切, 与台州市岛屿较为疏远.

(3)岛屿植被类型以原始次生林为主, 天然植被类型中的森林植被类型较少, 灌丛和草丛植被类型占据优势. 分布有 27 个群落类型, 面积较大的岛屿上以次生森林为主, 面积较小且距离大陆较远的岛屿上以灌丛和草丛为主.

(4)植物生活型方面, 乔木 44 种, 占总物种数的 14.47%; 灌木 87 种, 占 28.62%; 草本 164 种, 占 53.95%, 且不同生活型植物物种丰富度与岛屿面积之间呈现显著的正相关($P<0.001$). 说明象山海域的无居民岛屿符合岛屿生物地理学理论, 即面

积越大的岛屿上植物物种丰富度越高,不同生活型植物物种丰富度也越大。但是不同生活型植物随岛屿面积变化的速度呈现了显著差异,其中乔木的变化速率最大,灌木次之,草本最小,这与Liu等^[29]在温州三垟湿地的研究结果一致。这种差异可能是由不同生活型植物之间的生态要求、适应性和分散特性造成^[30]。草本植物比灌木和乔木具有更强的扩散能力,因此其能够在有限的岛屿空间内保持更高的物种多样性。此外,草本植物能够很快适应环境变化,而灌木和乔木一般需要较长的适应时间^[31],因此草本植物变化速率最小,而乔木和灌木的变化速率较大。

参考文献:

- [1] HELMUS M R, MAHLER D L, LOSOS J B. Island biogeography of the anthropocene[J]. *Nature*, 2014, 513(7519):543-546.
- [2] ROJAS-SANDOVAL J, ACKERMAN J D, TREMBLAY R L. Island biogeography of native and alien plant species: contrasting drivers of diversity across the Lesser Antilles [J]. *Diversity and Distributions*, 2020, 26(11):1539-1550.
- [3] RUSSELL J C, KUEFFER C. Island biodiversity in the anthropocene[J]. *Annual Review of Environment and Resources*, 2019, 44:31-60.
- [4] WHITTAKER R J, FERNÁNDEZ-PALACIOS J M. Island biogeography: ecology, evolution, and conservation[M]. 2nd ed. Oxford: Oxford University Press, 2007.
- [5] MACARTHUR R H, WILSON E O. An equilibrium theory of insular zoogeography[J]. *Evolution*, 1963, 17(4): 373-387.
- [6] PATIÑO J, WHITTAKER R J, BORGES P A V, et al. A roadmap for island biology: 50 fundamental questions after 50 years of *The Theory of Island Biogeography*[J]. *Journal of Biogeography*, 2017, 44(5):963-983.
- [7] 刘锐. 生物进化论发展史概述[J]. *生物学教学*, 2017, 42(2):73-75.
- [8] MACARTHUR R H, WILSON E O. The theory of island biogeography[M]. New Jersey: Princeton University Press, 1967.
- [9] 张群, 刘阳, 陈颖, 等. 福建平潭无居民岛屿空间特征对植物多样性的影响[J]. *西北植物学报*, 2023, 43(3): 503-511.
- [10] 胡军飞, 许滔山, 田文斌, 等. 浙江普陀山主要林型群落结构特征分析[J]. *浙江农林大学学报*, 2016, 33(5): 768-777.
- [11] 金佩聿, 陈翔虎, 张晓华, 等. 舟山群岛植物区系的研究[J]. *浙江林业科技*, 1991, 11(3):1-3.
- [12] 王国明, 叶波. 舟山群岛典型植物群落物种组成及多样性[J]. *生态学杂志*, 2017, 36(2):349-358.
- [13] 孙海平. 浙江大鹿山森林植物资源及发展利用[J]. *浙江林学院学报*, 2000, 17(4):31-35.
- [14] 王金旺, 魏馨, 陈秋夏, 等. 温州沿海小型海岛植物丰富度和 β 多样性及其影响因子[J]. *生态学报*, 2017, 37(2):523-540.
- [15] 施德法, 郭亮, 吕洪飞. 台州列岛植物区系的研究[J]. *浙江林学院学报*, 1996, 13(1):48-52.
- [16] 胡仁勇, 陈贤兴, 叶升儒. 北麂列岛的植被类型和植物区系研究[J]. *温州师范学院学报(自然科学版)*, 2000, 21(3):32-33.
- [17] 吴承祯, 李晓明, 吕林玲, 等. 浙江主要海岛木本植物物种组成特征分析[J]. *森林与环境学报*, 2019, 39(4): 367-371.
- [18] 李根有, 陈征海, 李修鹏, 等. 宁波植物图鉴[M]. 北京: 科学出版社, 2018.
- [19] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志[M]. 北京: 科学出版社, 1993.
- [20] 马克平, 黄建辉, 于顺利, 等. 北京东灵山地区植物群落多样性的研究 II 丰富度、均匀度和物种多样性指数[J]. *生态学报*, 1995, 15(3):268-277.
- [21] 宋永昌, 王希华, 阎恩荣. 中国常绿阔叶林: 分类·生态·保育[M]. 北京: 科学出版社, 2013.
- [22] 郭建国. 自然保护区学说与麦克阿瑟-威尔逊理论[J]. *生态学报*, 1990, 10(2):187-191.
- [23] 谢艳秋, 黄晖, 王春晓, 等. 福建海岛滨海特有植物种-面积关系及物种丰富度决定因素[J]. *生物多样性*, 2023, 31(5):1-10.
- [24] 吴征镒. 中国种子植物属的分布区类型[J]. *云南植物研究*, 1991(增刊 IV):1-139.
- [25] 吴兆洪, 秦仁昌. 中国蕨类植物科属志[M]. 北京: 科学出版社, 1991.
- [26] 国家林业和草原局, 农业农村部. 国家重点保护野生植物名录[EB/OL]. [2021-09-07]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2021-09/09/content_5636409.htm.
- [27] DB33/T 2509.1—2022. 珍稀濒危野生植物保护与利用技术指南[S].
- [28] 王国明. 舟山海岛种子植物[M]. 杭州: 浙江科学技术出版社, 2022.
- [29] LIU J L, LIU T T, ZHOU Y Y, et al. Plant diversity on islands in the Anthropocene: integrating the effects of the theory of island biogeography and human activities[J]. *Basic and Applied Ecology*, 2023, 72:45-53.

- [30] WALENTOWITZ A, TROIANO C, CHRISTIANSEN J B, et al. Plant dispersal characteristics shape the relationship of diversity with area and isolation[J]. Journal of Biogeography, 2022, 49(9):1599-1608.
- [31] SILVERTOWN J. The evolutionary maintenance of

sexual reproduction: evidence from the ecological distribution of asexual reproduction in clonal plants[J]. International Journal of Plant Sciences, 2008, 169(1): 157-168.

Flora and community composition of uninhabited islands in Xiangshan

LI Saiqiang¹, SUN Nan¹, SHEN Sixiao¹, LI Weiqiang², SUN Xiqing², YIN Hanbin², CHENG Xiaoyan³,
WANG Jianqing⁴, BIAN Zhengping³, YANG Xiaodong^{1,2}

(1.School of Civil & Environmental Engineering and Geography Science, Ningbo University, Ningbo 315211, China;

2.Donghai Academy, Ningbo University, Ningbo 315211, China;

3.Ningbo Forest Farm, Ningbo 315440, China;

4.Ningbo Institute of Oceanography, Ningbo 315832, China)

Abstract: Islands have rich biodiversity due to their unique geographical and ecological characteristics. In order to provide basic data and scientific basis for the conservation of plant diversity on the uninhabited islands in east China's Xiangshan County, Zhejiang Province, a combination of quadrat and transect methods was employed to investigate the vascular plants on 30 uninhabited islands in Xiangshan, and statistically analyzed the flora, community composition and plant diversity of the islands. The results show that: (1) A total of 304 species, belonging to 220 genera and 95 families of vascular plants were identified. (2) The floristic composition of the islands is complex, with its distributions covering from all 15 floristic regions, where tropical elements account for 44.26% and temperate and subtropical elements make up 55.74%. (3) The vegetation types of the islands are dominated by shrubs and grasslands, with a total of 27 communities distributed in 30 islands. The dominant species in the tree layer include *Pinus massoniana*, *Quercus glauca*, and *Dalbergia hupeana*, while those in the shrub and herb layers vary according to their specific environments. (4) There is a significant positive correlation between species richness and island area ($P < 0.001$), but the degree of variation in response to area differs among plants of different growth forms, with the smallest variation being in herbs and the largest in trees.

Key words: uninhabited islands; flora; community composition; growth form; diversity

(责任编辑 史小丽)