



中国东南部主要海岛植物地理分布特点及其影响因素

张梅, 季长波, 王鹏, 宋宇, 张彦文, 刘利

引用本文:

张梅, 季长波, 王鹏, 宋宇, 张彦文, 刘利. 中国东南部主要海岛植物地理分布特点及其影响因素[J]. 信阳师范学院学报自然科学版, 2020, 33(1): 54–59. doi: 10.3969/j.issn.1003–0972.2020.01.010

ZHANG Mei, JI Changbo, WANG Peng, SONG Yu, ZHANG Yanwen, LIU Li. Phytogeographical Distribution and Determination Factors of Coastal Island in the Southeast of China[J]. *Journal of Xinyang Normal University (Natural Science Edition)*, 2020, 33(1): 54–59. doi: 10.3969/j.issn.1003–0972.2020.01.010

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.3969/j.issn.1003–0972.2020.01.010>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

西藏地区种子植物多样性分布格局和多样性分化特点

The Spatial Patterns of Species Diversity of Seed Plants and Its Differentiation in Tibet

信阳师范学院学报自然科学版, 2016, 29(3): 405–411. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1003–0972.2016.03.023>

环境因子对滇西北地区植物多样性分布格局的影响

Effects of Environmental Factors on Spatial Patterns of Plant Diversity in Northwest Yunnan

信阳师范学院学报自然科学版, 2019, 32(1): 62–68. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1003–0972.2019.01.011>

云南地区种子植物属多样性的纬度格局与区系起源的关系

Latitudinal Patterns of Genus Diversity of Seed Plants in Yunnan with a Regard to Their Floristic Origins

信阳师范学院学报自然科学版, 2015(1): 68–72. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1003–0972.2015.01.016>

信阳地理位置特征和经济发展约束分析

A Preliminary Analysis of Geographical Location and Economic Development Constraints of Xinyang

信阳师范学院学报自然科学版, 2018, 31(2): 208–215. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1003–0972.2018.02.008>

基于核密度估算的都江堰耕地破碎化趋势及特征分析

Analysis of Trends and Characteristics of Cultivated Land Fragmentation Based on Kernel Density Estimation for Dujiangyan City

信阳师范学院学报自然科学版, 2017, 30(1): 72–76. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1003–0972.2017.01.016>

中国东南部主要海岛植物地理分布特点及其影响因素

张梅^{1a}, 季长波^{1b}, 王鹏^{1b}, 宋宇^{1a}, 张彦文^{1b,2}, 刘利^{1b*}

(1.辽东学院 a.城市建设学院; b.农学院, 辽宁 丹东 118003;

2.东北师范大学 草地研究所, 吉林 长春 130024)

摘要:以大尺度植物分布数据和环境气象因子等为基础,利用植物区系谱、主坐标分析、聚类分组及典范对应分析(CCA),探讨了中国东南部主要海岛植物分布及其影响因素。结果表明:(1)中国沿海代表性岛屿植物地理成分呈现纬向地带性差异,热带成分比例自北向南逐渐递增,而温带成分呈递减的规律,这与各海岛所处气候带的水热条件分异密切相关;(2)主坐标分析和聚类分组显示,主要海岛可划为5个区系分,反映了中国东南主要海岛植物区系成分比例关系与大陆南北山地区系划分的相似性;(3)CCA排序轴与气象因子相关分析表明,一月均温、纬度和年均温是中国东南部主要海岛植物地理分布的主要影响因素。

关键词:海岛;植物地理分布;典范对应分析;聚类分组;主坐标分析

中图分类号:Q948.3

文献标志码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Phytogeographical Distribution and Determination Factors of Coastal Island in the Southeast of China

ZHANG Mei^{1a}, JI Changbo^{1b}, WANG Peng^{1b}, SONG Yu^{1a}, ZHANG Yanwen^{1b,2}, LIU Li^{1b*}

(1a.College of Urban Construction; b.College of Agriculture, Eastern Liaoning University, Dandong 118003, China;

2. Institute of Grassland Science, Northeast Normal University, Changchun 130024, China)

Abstract: Based on large scale data of plant distribution and climates factors, the floristic spectrum, principal coordinate analysis (PCoA) and cluster analysis and canonical correspondence analysis(CCA) were used to reveal the phytogeography distribution and climatic environment relationship of coastal islands in southern China. The results showed that: (1)The floristic variations with latitude, compositions of tropical elements increase with dropping of latitude, while those of temperate elements showed contrary patterns. The result is almost in accordance with distribution of climate belts; (2)Based PCoA analysis and cluster analysis, the main coastal islands floras were divided into 5 groups. The result indicated the distribution-types similarities at genus-level between islands and mountain. (3) CCA analysis showed that the mean temperature of January, annual mean temperature and latitude are the determining factors of phytogeography distribution of islands in China.

Key words: coastal islands; phytogeography; CCA analysis; cluster analysis; PCoA analysis

0 引言

海洋岛屿在全球生态系统中占有重要的地位,被誉为研究生物地理与进化生态的“天然实验室”^[1,2],因此,岛屿生物地理学是生物多样性的研究热点之一。岛屿具有海域地理隔离区别于陆生

态系统,陆地或其他邻近岛屿植物物种迁移到新岛后,经地理隔离、适应辐射等一系列进化过程,逐渐形成相对独立而丰富的植物多样性^[3,4],但又因其面积有限、生态隔离以及位置特殊,故其具有较强的敏感性和脆弱性^[5,6]。全球生态系统变化显著,极地冰川融化加快、海平面上升、水温升高、海水酸化

收稿日期:2019-03-11;修订日期:2019-07-15; *通信联系人, E-mail: ddll70@163.com

基金项目:国家自然科学基金项目(31370400);生态环境部生态司生态文明建设专项课题(OITC-G190270565);辽东学院科研项目(2016YY030)

作者简介:张梅(1971—),女,辽宁兴城人,副教授,硕士,主要从事城市生态学;刘利(1970—),男,辽宁丹东人,教授,博士,主要从事生态学与生物多样性保护研究。

和极端天气等因素对脆弱海岛生态系统威胁加剧^[7];资源过度开发、海域污染、红树林和珊瑚礁破坏、淡水资源短缺、生物栖息地破坏等海岛生态环境问题也日益严重^[8]。

在此背景下,国家出台一系列海岛相关法律法规,2009年12月,国家颁布《中华人民共和国海岛保护法》,2012年4月,国家海洋局发布《全国海岛保护规划》;2016年12月,新修订的《中华人民共和国海洋环境保护法》正式实施,明确强化海岛生态空间保护、保护海岛生物多样性、修复海岛生态系统等任务^[9]。近年来,有关我国海岛植物生态已开展一些研究,涉及海南岛、舟山群岛或其他江浙地区海岛,其中浙江沿海海岛植物物种多样性差异明显,源于人类活动干扰,主要植物种群更新能力较好^[10],海岛植物丰富度少于大陆,滨海植物区系发达,但缺乏起源古老的孑遗植物,归化植物种类日渐增多^[11],舟山各海岛的物种丰富度及物种密度的分布极不均匀,物种丰富度和密度差异显著,滨海特有植物较多,重点保护野生植物较少^[12];而地处热带北缘的海南岛,具有丰富的植物多样性,新增野生及引种栽培植物所占的比例明显提高^[13]。气候因子是影响中国东部海岛植物功能性状的重要因子,其中水热条件(年均温和年降水)是主导因子^[14],以上海岛植物生态研究大多集中在植物群落、植物区系、植物多样性及适应策略等方面,而岛屿区系宏生态以及影响因素研究尚不多。因此,深入开展沿海岛屿植物多样性和地理学研究有重要理论和实践意义。本文探讨中国东南部海岛植物区系地理分布及影响因素,为岛屿生物多样性保护以及国家生态安全和生态文明建设提供理论依据和实践参考。

1 研究方法

1.1 研究单元确定

本文的研究单元及系统确定,来自中国东南部沿海岛屿植物区系数据^[15-19],各岛屿单元主要情况见表1。选定依据是:①位于中国东南部不同纬度的渤海、黄海、东海及南海等海域对岛屿,已有过植物本底考察或已有发表的相关文献。②各个岛屿区系成分根据吴征镒院士中国种子植物属的分布类型系统划分,其中:热带成分有泛热带(T2)、热带亚洲和热带美洲(T3)、旧世界热带(T4)、热带亚洲至热带大洋洲(T5)、热带亚洲至热带非洲(T6)、热带亚洲(T7);温带成分有北温带(T8)、东亚和北美间

断(T9)、旧世界温带(T10)、温带亚洲(T11)、地中海及西亚至中亚(T12)、中亚(T13)和东亚(T14);中国特有成分(T15),由于世界分布类型对岛屿区系特性贡献较小,故没有选取。

表1 中国东南部主要海岛的基本概况

Tab. 1 Overview of the coastal island in China

序号	海岛	经度	纬度
1	长山群岛	122°18'—123°13'	38°18'—39°18'
2	蛇岛	120°58'—120°59'	38°56'—38°58'
3	庙岛群岛	120°44'—124°19'	37°55'—40°42'
4	大金山岛	121°25'—123°19'	30°41'—41°21'
5	崇明岛	121°10'—121°54'	31°27'—31°57'
6	滩浒岛	121°37'—121°38'	30°37'—30°38'
7	舟山岛	121°56'—122°11'	29°56'—30°11'
8	桃花岛	122°13'—122°19'	29°46'—29°51'
9	朱家尖	122°19'—122°25'	29°50'—29°57'
10	普陀山	122°22'—122°32'	29°59'—30°12'
11	梅山岛	121°48'—121°58'	29°40'—29°55'
12	中街山列岛	122°48'—121°58'	29°40'—30°19'
13	台州列岛	121°45'—121°55'	28°23'—37°02'
14	北麂山岛	121°11'—115°30'	27°50'—40°07'
15	海坛岛	119°32'—120°10'	25°15'—25°45'
16	东山岛	117°17'—117°35'	23°33'—23°47'
17	特呈岛	115°52'—116°08'	29°26'—29°41'
18	淇澳岛	113°47'—113°49'	22°24'—22°26'
19	担杆岛	114°07'—114°19'	21°58'—22°04'
20	东平洲岛	113°49'—114°31'	22°08'—22°35'
21	瓮缸群岛	113°50'—114°24'	22°10'—22°35'
22	台湾岛	119°18'—124°34'	21°45'—25°56'
23	海南岛	108°37'—111°05'	18°10'—20°10'
24	南海岛屿	109°33'—117°50'	11°55'—14°10'

1.2 植物区系谱、聚类及主坐标分析

植物区系谱表明不同岛屿植物区系中各属级地理成分所占的比重 R_{FE} ^[20]。计算公式:

$$R_{FE} = (T_i / T) \times 100\%,$$

其中 T_i 代表不同研究单元第 i 个区系组成数量, $i = 1, 2, 3, \dots, n$; T 代表研究单元内属的区系成分总数,即

$$T = \sum_{i=1}^M T_i, i = 1, 2, \dots, M.$$

为了定量判断研究单元植物地理成分组成的差异性及关联度,将各植物区系谱值作为聚类分组和主坐标分析的重要值。在此基础上,采用欧氏距

离表征定义各研究单元的距离(区系成分构成差异),聚类分组由 SPSS20.0 软件包实现;而主坐标分析表征各岛屿区系间相互关系及空间分异,数据图由 PAST3.0 软件包实现.

1.3 典范对应分析(CCA)

为了探讨空间环境及气候影响因素对海岛植物地理分布类型的影响,海岛经纬度见表1,气候因子指标中年均温(AMT)、1月均温(T_1)、7月均温(T_7)、年均降水量(P)来自于 World Climate Global Climate Data (<http://www.worldclim.org/>)^[21],实际蒸散率(AET)、潜在蒸散率(PET)数据来自于空间信息联合组织(the Consortium for Spatial Information)^[22].利用各海岛不同环境气象因子建立次矩阵,各海岛的区系谱作为主矩

阵,进行典范对应分析(CCA)作图由 CANOCO5.0 软件完成.

2 结果与分析

2.1 海岛植物地理成分

海岛植物区系谱反映了各种区系成分在该岛屿区系中对其区系性质的总体贡献,由图1可知,24个岛屿植物区系类型谱的各种地理分布呈现一定的规律,高纬度处于泛北极植物区的长山群岛、蛇岛等植物区系中热带属(T_2 - T_7)比重较小,温带属(T_8 - T_{14})比重较大,低纬度处于古热带植物区的海坛岛、瓮缸群岛、台湾岛、海南岛及南海诸岛植物地理成分分布则呈现出相反规律,而中国特有植物分布(T_{15})均不显著.

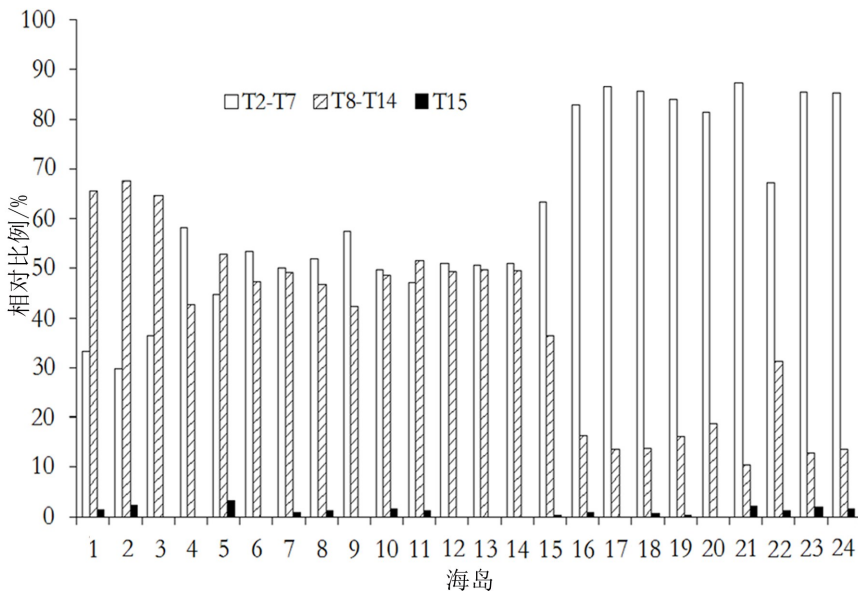


图1 中国东南部主要海岛植物区系属地理成分区系谱

Fig. 1 The floristic spectrum of the coastal island in China

2.2 海岛主坐标分析和聚类分组

根据岛屿植物区系类型谱进行 PCoA 排序,可将 24 个海岛划为 5 个组别(图 2 A),长山群岛(15.6%)、蛇岛(12.4%)分布在主坐标图最右侧,其热带属(T_2 ~ T_7)所占比重比较小,而热带属(T_2 ~ T_7)所占比重较大的海南岛(69.7%)、南海诸岛(70%)则处在最左侧,反映了各岛屿植物属地理成分类型间的差异性,沿横轴随着纬度从低到高,气温、降雨等气候条件发生空间分异,研究单元内温带属比重逐渐减小,而热带属的比重逐渐变大,区系性质表现由温带逐渐过渡到亚热带、热带性质.

基于植物区系谱的欧式距离矩阵,24 个海岛植物区系采用组间均联法进行系统聚类后可分为 5 组(图 2B):处于黄海北部的长山群岛、蛇岛与黄渤海交汇的庙岛群岛属泛北极植物区的华北地区(H1);处于浙江沿海的桃花岛、普陀山等舟山群岛和崇明岛属华东地区(H2),台湾岛和海坛岛属古热带植物区的台湾地区(H3);东山岛、担杆岛和淇澳岛一组同属泛北极植物区的华南地区(H4);海南岛、南海岛屿属古热带植物区的海南、南海诸岛地区(H5),聚类与主坐标排序图表现了大体一致的相对位置,也揭示了处于不同植物区的岛屿区系地理分布变化从北到南的纬度空间分异特点.

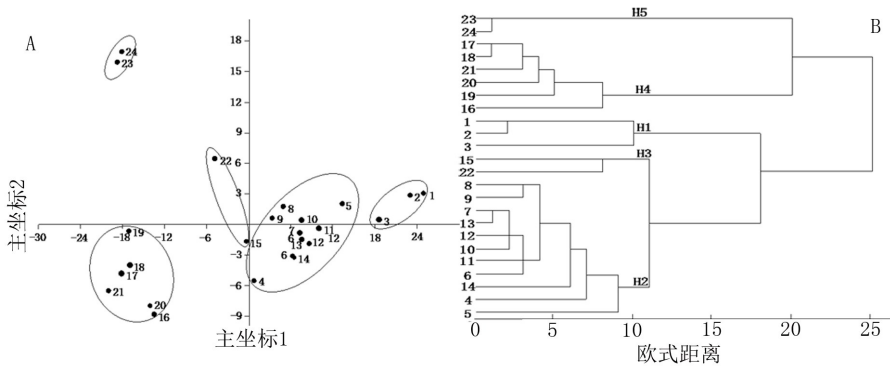


图2 中国沿海代表性岛屿植物区系主坐标排序和聚类树状图

Fig. 2 The Principal coordinate analysis and cluster dendrogram of the coastal island in China

2.3 海岛植物地理成分 CCA 分析

为了探讨区系成分组成的地理差异,利用海岛所在地的经度、纬度、年均温、年降雨等空间和气象因子进行 CCA 分析,见图 3 和表 2。

表 2 环境因子和排序轴的相关系数和概要

Tab. 2 Correlation coefficient and summary of correlation coefficients

排序概要	第 1 轴	第 2 轴	第 3 轴	第 4 轴
特征根	0.060	0.008	0.006	0.002
区系与环境的相关性	0.965	0.730	0.622	0.618
区系累积解释量	50.3	57.2	62.0	65.3
区系与环境关系累积解释量	74.8	85.1	92.3	97.2
纬度	-0.944 **	0.008	-0.076	0.086
经度	-0.763 **	0.311	-0.174	-0.110
年均降雨量	0.778 **	-0.094	-0.003	-0.125
年均温	0.931 **	-0.077	0.068	-0.101
1 月均温	0.955 **	-0.022	0.002	-0.270
7 月均温	-0.447 *	0.102	0.173	-0.311
实际蒸散量	0.459 **	0.267	0.268	-0.056
潜在蒸散量	0.644 **	-0.004	0.232	-0.058
第一轴的显著性		P=0.002		
轴的显著性		P=0.002		

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$.

第一轴、第二轴和第三轴的特征值分别为 0.060、0.008 和 0.006,其中第一轴的解释率为 96.5%,第二、三轴的解释率分别为 73.0%、62.2%,说明第一轴的解释率或影响力远高于第二、三轴。一月均温、纬度和年均温与第一轴的相关系数分别为 0.955、-0.944 和 0.931。这说明,影响第一轴的环境因子主要是一月均温和纬度。经度和实际蒸散与排序轴第二轴的相关系数分别为 0.311 和 0.267,这说明影响第二轴的地理因子主要为经度梯度和实际蒸散。实际蒸散和潜在蒸散与排序轴第三轴的相关系数分别为 0.268 和 0.232,这说明影

响排序轴第三轴的地理因子主要为实际蒸散率和潜在蒸散。

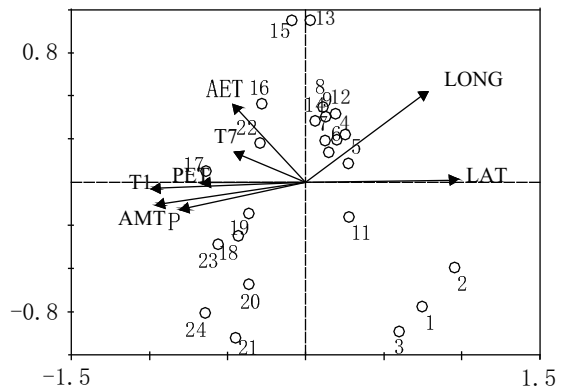


图3 基于环境因子的海岛植物地理成分 CCA 排序图

Fig. 3 The CCA of the coastal island in China

3 结论与讨论

利用植物区系地理学和岛屿生态学理论,可以在一定程度上解释生态环境梯度上植物多样性的空间分异格局。本研究表明,岛屿植物地理成分随着纬度的变化,自北向南热带成分比例呈现递增规律,温带成分呈现出递减趋势,这种规律与岛屿所处气候带蕴含的水热条件特点相吻合。热带性质成分一般起源于水热丰富的低纬度带,而温带性质成分则起源于水热相对缺乏的中高纬度地区^[23]。这基本反映了南北沿海岛屿植物地理成分差异性和分布特点,对岛屿植物地理分区提供了一个独特的验证。

聚类显示,中国东南海岛植物区系可分为 5 类:黄海南部及山东半岛沿海属泛北极植物区的华北地区(H1);崇明岛、舟山群岛等岛屿属泛北极植物区的华北地区(H2);台湾岛和海坛岛属古热带植物区的台湾地区(H3);东山岛和担杆岛等属

泛北极植物区的华南地区(H4);海南岛和南海岛屿等古热带植物区的海南、南海诸岛地区(H5).主坐标分析和聚类图结果大体类似,反映了沿海岛屿与大陆山地植物区系区划的类似性.大陆板块运动、地史事件都会对海岛区系演变产生深刻影响,也是岛屿与大陆植物地理类似性的主要因素.在地史时期海退时,植物分布可能与陆路取得一定联系,地史时期生物多样性演变模式总体呈现递增趋势,但期间发生的灭绝事件,使得生物多样性有不同程度的丧失.植物区系的演变除了受全球变化的影响外,人类活动的干扰作用也越来越明显.至今,当代生物多样性因人类活动加剧和地球环境演变等因素相互交织而受到严重的威胁^[24].

一般来说,植物地理分布格局是水热因子综合作用所致^[25].本文典范对应分析表明:一月均温、纬度对海岛植物地理分布影响是最重要的,年均温和年均降雨量对植物地理分布格局影响也是比较重要的.热带属比例在沿海岛屿所表现出的纬度递减格局,也间接支持了生物多样性格局学说中“寒冷忍耐假说”的观点,即冬季寒冷低温是热带起源植物向北迁移的限制因子^[26].实际上,影响海岛植物地理分布性质变化的因素还有很多,如:海岛面积、海岸线长度以及距离大陆远近等,这些影响因素各有相对影响力和共同解释率,还有各种因素间的多重共线性等,独立而关联的因素对植物地理分布影响不同而复杂,还需更加深入的研究和探讨.

参考文献:

- [1] BORGES P, CARDOSO P, GABRIEL R, et al. Challenges, advances, and perspectives in island biogeography [J]. *Frontiers of Biogeography*, 2016, 8 (2) :217-220.
- [2] 魏娜,王中生,冷欣,等. 海洋岛屿生物多样性保育研究进展[J]. *生态学杂志*, 2008, 27(3):460-468.
WEI Na, WANG Zhongsheng, LENG Xin, et al. Conservation of oceanic island biodiversity: A review[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2008, 27(3):460-468.
- [3] WHITTAKER R J, FERNÁNDEZ-PALACIOS J M, MATTHEWS T J, et al. Island biogeography: Taking the long view of nature's laboratories[J]. *Science*, 2017, 357(6354):1-7.
- [4] 马克平. 生物多样性科学的若干前沿问题[J]. *生物多样性*, 2017, 25(4):343-344.
MA Keping. *Frontiers in biodiversity science: insular biogeography, community assembly and application of big data* [J]. *Biodiversity Science*, 2017, 25(4):343-344.
- [5] 池源,石洪华,郭振,等. 海岛生态脆弱性的内涵、特征及成因探析[J]. *海洋学报*, 2015, 37(12):93-105.
CHI Yuan, SHI Honghua, GUO Zhen, et al. Connotation, features and causes of island ecological vulnerability[J]. *Acta Oceanologica Sinica*, 2015, 37(12):93-105.
- [6] JUPITER S, MANGUBHAI S, KINGSFORD R T, et al. Conservation of biodiversity in the pacific islands of oecania: Challenges and opportunities[J]. *Pacific Conservation Biology*, 2016, 20(2):206-220.
- [7] 孔昊,杨薇. 气候变化背景下海岛生态环境脆弱性分析及其应对措施:以南澳岛为例[J]. *海洋开发与管理*, 2016, 33(10):72-77.
KONG Hao, YANG Wei. Analysis and measures of island ecological vulnerability under the background of climate change: A case study on Nan'ao island[J]. *Ocean Development and Management*, 2016, 33(10):72-77.
- [8] 周彬,赵宽,钟林生,等. 舟山群岛生态系统健康与旅游经济协调发展评价[J]. *生态学报*, 2015, 35(10): 3437-3446.
ZHOU Bin, ZHAO Kuan, ZHONG Linsheng, et al. Coordinated development evaluation of the ecosystem health and the tourism economy Zhoushan islands[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2015, 35(10): 3437-3446.
- [9] 刘超,崔旺来,朱正涛,等. 海岛生态保护红线划定技术方法[J]. *生态学报*, 2018, 38(23):8564-8573.
LIU Chao, CUI Wanglai, ZHU Zhengtao, et al. Study on the technical methods of the delineation of island ecological red lines[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2018, 38(23):8564-8573.
- [10] 高浩杰,王国明,高平仕. 浙江沿海地区舟山新木姜子群落及种群结构特征分析[J]. *植物资源与环境学报*, 2016, 25(1):94-101.
GAO Haojie, WANG Guoming, GAO Pingshi. Characteristic analysis on community and population structure of neolitsea sericea in coastal areas of Zhejiang[J]. *Journal of Plant Resources and Environment*, 2016, 25(1):94-101.
- [11] 朱弘,葛斌杰,叶喜阳. 浙江舟山东福山岛种子植物区系初探[J]. *浙江农林大学学报*, 2015, 32(1): 150-155.
ZHU Hong, Ge Binjie, YE Xiyang. Seed plant flora of Dongfushan island in Zhoushan, Zhejiang province[J]. *Journal of Zhejiang A&F University*, 2015, 32(1): 150-155.

- [12] 高浩杰,王国明,郁庆君.舟山市种子植物物种多样性及其分布特征[J].植物科学学报, 2015, 33(1):61-71.
GAO Haojie, WANG Guoming, YU Qingjun. Distribution characteristics and species diversity of seed plants in Zhoushan, Zhejiang[J]. Plant Science Journal, 2015, 33(1):61-71.
- [13] 陈玉凯,杨小波,李东海,等.海南岛维管植物物种多样性的现状[J].生物多样性, 2016, 24(8):948-956.
CHEN Yukai, YANG Xiaobo, LI Donghai, et al. Status of vascular plant species on Hainan island[J]. Biodiversity Science, 2016, 24(8):948-956.
- [14] 陈思思,黄秀清.中国东部海岛植物功能性状及其影响因子[J].生态学报, 2018,38(21):7699-7707.
CHEN Sisi, HUANG Xiuqing. Plant functional traits and the factors influencing them in the islands of eastern China [J].Acta Ecologica Sinica, 2018,38(21):7699-7707.
- [15] 刘利.中国沿海主要岛屿植物区系的性质及其相互关系与分布格局[J].西北植物学报, 2015, 35(8):1676-1682.
LIU Li. Phytogeographical patterns, relationships and characters of coastal islands in China[J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2015, 35(8):1676-1682.
- [16] 林泽钦.海南维管植物区系及特有种的组成特征和分布特点[D].海口:海南大学, 2016.
LIN Zeqin. Flora of vascular plants and the composition characteristics distribution features of endemic plants in Hainan[D]. Haikou: Hainan University, 2016.
- [17] 叶志勇.福建平潭岛种子植物区系地理及外来植物对其影响[J].广西植物, 2017, 37(3):280-293.
YE Zhiyong. Flora of seed plants in Pingtan island, Fujian and effects of exotic plants[J]. Guihaia, 2017, 37(3): 280-293.
- [18] 唐丽丽.大连周边7个海岛野生维管束植物多样性研究[D].大连:辽宁师范大学, 2016.
TANG Lili. Wild vascular plants diversity on islands, Dalian[D]. Dalian: Liaoning Normal University, 2016.
- [19] 郑俊鸣,方笑,朱雪平,等.平潭大屿岛植物资源及其多样性研究[J].安徽农业大学学报, 2016, 43(4): 640-645.
ZHENG Junming, FANG Xiao, ZHU Xueping, et al. Wild plant germplasm and biodiversity in Dayu island, Pingtan [J]. Journal of Anhui Agricultural University, 2016, 43(4): 640-645.
- [20] 刘利,黄国辉,张梅,等.辽宁仙人洞种子植物区系及与其他山地的相似性分析[J].东北师大学报(自然科学), 2014, 46(4):116-121.
LIU Li, HUANG Guohui, ZHANG Mei, et al. Floristic compositions of spermatophyte and the similarity with other mountain land in Xianren Cave Natural Reserve in Liaoning province[J]. Journal of Northeast Normal University (Natural Science Edition), 2014, 46(4):116-121.
- [21] HIJMANS R J, CAMERON S E, PARRA J L, et al. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas[J]. International Journal of Climatology, 2005, 25(3):1965-1978.
- [22] ZOMER R J, BOSSIOD A, TRABUCCO A, et al. Trees and water, small holder agroforestry on irrigated lands in Northern India[M]. Colombo: International Water Management Institute, 2007.
- [23] 冯建孟,胡小康.环境因子对滇西北地区植物多样性分布格局的影响[J].信阳师范学院学报(自然科学版), 2019, 32(1):62-68.
FENG Jianmeng, HU Xiaokang. Effects of environmental factors on spatial patterns of plant diversity in northwest Yunnan[J]. Journal of Xinyang Normal University (Natural Science Edition), 2019, 32(1): 62-68.
- [24] 宗普,薛进庄.地史时期生物大灭绝及其对当代生物多样性的启示[J].生物学通报, 2014, 49(10):1-6.
ZONG Pu, XUE Jinzhuang. Biological extinction in geo-historical period and its enlightenment on contemporary biodiversity[J]. Bulletin of Biology, 2014, 49(10):1-6.
- [25] 王志恒,唐志尧,方精云.物种多样性地理格局的能量假说[J].生物多样性, 2009, 17(6):613-624.
WANG Zhiheng, TANG Zhiyao, FANG Jingyun. The species-energy hypothesis as a mechanism for species richness patterns[J]. Biodiversity Science, 2009, 17(6):613-624.
- [26] 冯建孟,朱有勇.滇西北地区裸子植物多样性的地理分布格局及其与区系分化之间的关系[J].生态环境学报, 2010, 19(4):830-835.
FENG Jianmeng, ZHU Youyong. Geographical patterns of diversity of gymnosperms in northwest Yunnan and their correlation with flora differentiation[J]. Ecology and Environment Science, 2010, 19(4):830-835.