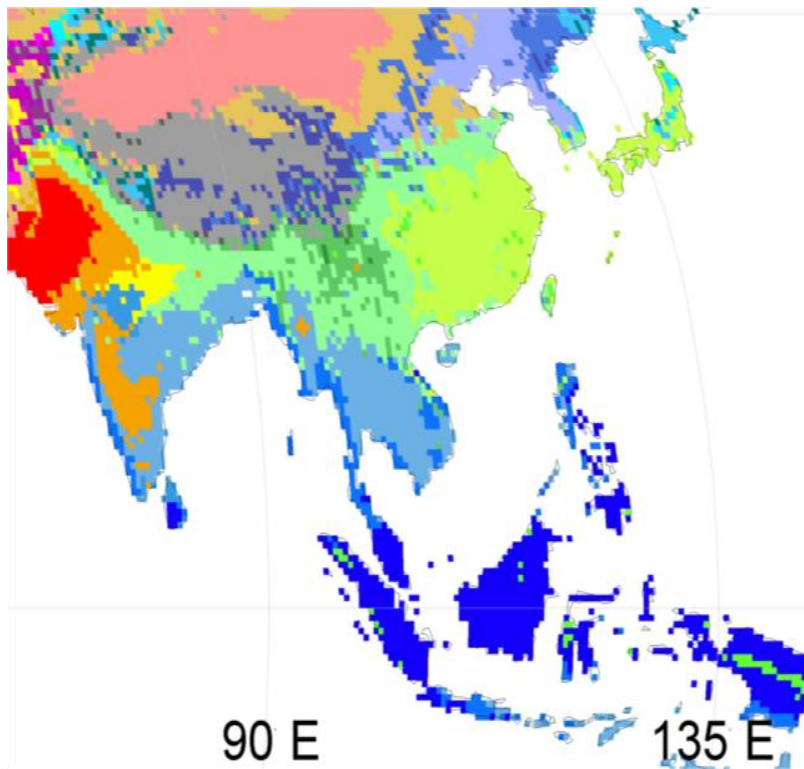




中国科协海智计划海南(海南大学)工作基地  
海南省环南海陆域生物多样性国际联合研究中心

# 2023 年报

## *Annual Report 2023*



海南大学  
HAINAN UNIVERSITY



## 2023 NESS国际科学大会 暨生态保障人类命运共同体学术研讨会圆满结束

在习近平总书记提出“人类命运共同体”十周年之际，由海南大学、NESS国际科学网络、海南师范大学、海口市林业局、海南国家公园研究院主办，武汉大学环境法研究所、长白山国家级自然保护区管理局、IUSS SSC中国物种专家委员会、国际动物学会自然保护地工作委员会承办的2023 NESS国际科学大会暨生态保障人类命运共同体学术研讨会于2023年10月27日-30日在海南省海口市海南大学顺利召开。本次会议在2022年首届NESS国际科学大会暨生态保障人类命运共同体学术研讨会发起的《海口倡议》基础上，旨在进一步推动世界各国“国家生态保障系统”的研究与建设，从而更有力地支持和服务于人类命运共同体的国际共建行动。

来自129个国家约600名专家学者和机构代表参会，采取线上+线下+通讯结合的方式，线下参会国家39个；线上参会国家44个；通讯参会国家46个。大会设置了自然保护地、法学、自然教育、物种、青年国际学生等5个分论坛，围绕世界各国如何“共建生态保障人类命运共同体”主题进行探讨交流。大会执行秘书长为海南大学生态与环境学院任明迅副院长。

会议期间，与会专家和NESS学术委员会成员分别以致辞和特邀发言的方式，深刻阐释了人类命运共同体的伟大共识，并为NESS国际科学大会的未来发展指明方向。大会邀请了众多国内外专家学者参与会议，在会议期间展示海南省传统的民族文化和海南大学诸多学术成果。参会者们有机会深入了解了海南省的历史、文化和风俗习惯，同时也领略了海南大学的校园风光和学术氛围。这些活动加深了参会者对海南省和海南大学的认识 and 了解，为海南省的文化和学术宣传起到了积极的推动作用。本次会议的成功举办也得到了国内外的高度评价。海南卫视、海南日报、海口日报、俄罗斯媒体iHainan等纷纷报道本次会议的盛况，赞扬海南大学在推动人类命运共同体、国际合作与文化交流方面的决心和成果。许多国际学者也纷纷表示了与海南大学在未来合作的期待和信心。





## 目 录

一、背景与概况 .....	1
二、定位与研究方向 .....	3
三、大事记 .....	5
四、代表性成果 .....	7
五、平台建设 .....	19
六、合作与交流 .....	24
七、社会兼职 .....	36
八、在研项目 .....	38
九、主要论著目录 .....	40
十、代表性论著首页 .....	42

---

封面图片：环南海区域的气候类型和海南岛山地雨林（右上）、泰国洞穴植被（右中）和黎族船形屋（右下）。

## 第四届植物生态学前沿论坛暨 JPE 编委会会议在海南大学顺利召开

2023 年 11 月 17 - 20 日，第四届植物生态学前沿论坛暨 Journal of Plant Ecology (JPE) 编委会会议在海南大学顺利召开。本次会议由中国科学院植物研究所 JPE 编辑部、中国科学院植物研究所植被与环境变化国家重点实验室主办，海南大学生态与环境学院、海南大学生态文明协同创新中心、海南省生态学会承办；北京莱阔生物科技有限公司为本次会议提供赞助支持。来自全国 40 多个高校与科研院所约 200 多位专家学者和研究生参加了会议。

海南大学生态与环境学院胡中民院长主持了开幕式，海南大学党委常委邹勇华副校长在开幕式致辞，热烈欢迎了到会的专家学者；JPE 主编张文浩研究员作了热情洋溢的致辞，表达了对承办单位海南大学以及到会编委和所有专家的感谢。随后，中国科学院大学常务副校长王艳芬教授、北京大学城市与环境学院副院长刘鸿雁教授、南京信息工程大学周国逸教授、中国科学院亚热带农业生态研究所吴金水研究员分别作了题为《高寒草地土壤碳库稳定性及其调控》、《生态干旱与生态脆弱区植被恢复》、《寻求森林生态系统固碳与水资源维持的协调之路》、《亚热带典型小流域氮磷过程解析与面源污染防控策略》的特邀报告。

工作基地负责人任明迅教授作为会议承办方参与会议的组织者之一。工作基地向文倩博士作了题为《木棉稻田农林复合系统的生物多样性与资源循环过程》报告。

本次大会共设置环境变化和植物适应、植物种群生态与物种保护、植物群落与生物多样性、生态系统与“双碳目标”四个专题分会场共 60 多场精彩的学术报告，JPE40 多名编委和青年编委以及来自全国 200 多名专家学者，相互交流了植物生态学领域的多个研究方向的最新进展和发展趋势，促进了海南大学生态学领域主要学者跟国内同行的深入沟通。





## 一、背景与概况

工作基地/研究中心前身为 2017 年 7 月正式成立的海南大学环南海陆域生物多样性研究中心，同年 11 月受海南省科学技术协会资助，成为海南大学首家“海外智力为国服务行动计划”工作站。2020 年 6 月，在整合海南大学生态学、生物学等学科引进的海智专家与骨干教师的基础上，成为中国科学技术协会海智计划海南（海南大学）工作基地。2023 年 12 月，经海南省科技厅批准，启动建设海南省环南海陆域生物多样性国际联合研究中心。

现任学术委员会主任李百炼教授（美国加利福尼亚大学河滨分校）、工作基地/研究中心负责人任明迅教授（海南大学生态与环境学院）。

中国科学技术协会海智计划海南（海南大学）工作基地和海南省环南海陆域生物多样性国际联合研究中心实行“两位一体”的建设模式，聚焦海南岛、粤港澳大湾区、台湾地区以及环南海区域，集中开展海外智力引进、科技合作与交流、人才培养等，参与建设南海海洋资源利用国家重点实验室、热带特色林木花卉遗传与种质创新教育部重点实验室、海南省热带生态环境修复工程研究中心、海南省农林环境过程与生态修复重点实验室等，积极担当起海南大学在践行“一带一路”国家战略和国家生态文明试验区（海南）建设中的作用，力争成为环南海生物多样性与生态文化研究中心、区域合作与交流中心。

目前设置三个研究方向：（1）生物多样性与生态保育；（2）环南海区域生态安全；（3）传统生态文化与当代生态文明建设。

已与美国加州大学河滨分校、美国佛罗里达国际大学、日本东京大学、荷兰瓦赫宁根大学、德国莱布尼兹热带海洋研究中心、德国亚琛工业大学以及环南海地区的新加坡国立大学、南洋理工大学、新加坡植物园、柬埔寨皇家农业



大学、菲律宾大学内湖省分校、越南 Ton Duc Thang 大学、中国台湾与香港地区多家机构签订了合作协议或开展过实质合作。

目前积累了大量的野外调查、科学实验和理论研究数据，从环南海区域收集了战略植物资源（热带作物野生近缘种、药用植物、油料植物、观赏植物等）近 3000 份（含植物活体、腊叶标本、DNA、种子等）。

目前，已引进海外智力专家有：

专家	国籍（是否华裔）	工作单位	研究领域
李百炼 Larry Bai-Lian Li	美国（华裔）	加利福尼亚大学河滨分校	人类生态学、生态规划
刘虹 Hong Liu	美国（华裔）	佛罗里达国际大学	生物多样性保护
邹乐明 Chou Loke Ming	新加坡（华裔）	新加坡国立大学	珊瑚礁生态
任添荣 Yam Wing Tim	新加坡（华裔）	新加坡植物园	兰花保育与新品种选育
练春兰 Chunlan Lian	日本（华裔）	日本东京大学	森林资源与生态学
张金龙 Jinlong Zhang	中国（华裔）	中国香港嘉道理农场暨植物园	植物分类与资源收集
谢宗宇	中国台湾（华裔）	中国台湾民享生态调查公司	生物多样性、自然教育
张浩	中国香港（华裔）	中国香港高等教育研究院	生态规划
Pastor L. Malabrigo	菲律宾（非华裔）	菲律宾大学内湖省分校	植物多样性与生态文化
Sandra Yap	菲律宾（非华裔）	菲律宾远东大学	热带植物多样性
Van The Pham	越南（非华裔）	越南 Ton Duc Thang 大学	植物多样性
Erizal Sodikin	印尼（非华裔）	印尼 Sriwijaya 大学	热带农业资源
Fabio Pinheiro	巴西(非华裔)	巴西 Campinas 大学	植物保育遗传学
Jordi Lopez-Puyol	西班牙(非华裔)	西班牙巴塞罗那植物所	岛屿植物生态与保育
Salvatore Cozzolino	意大利(非华裔)	意大利那不勒斯大学	植物分子生态与保育遗传学



## 二、定位与研究方向

中国科学技术协会海智计划海南(海南大学)工作基地和海南省环南海陆域生物多样性国际联合研究中心，以海南大学、中国热带农业科学院等机构生态学、环境科学与生物学专业的青年人才为骨干，引进海内外高端智力，聚焦海南省与环南海区域生物多样性与生物资源、区域生态安全、传统生态文化与当代生态文明建设研究，主要服务国家“一带一路”战略、海南省“三区一中心”、海南热带雨林国家公园以及中国特色自由贸易港建设。

### (一) 生物多样性与生态保育

主要针对海南省和环南海区域(海南岛、台湾岛、菲律宾群岛、婆罗洲、马来半岛、中南半岛等)，开展重要战略植物资源如重要作物野生近缘种、特色林木花卉等的发掘、引种与基础生物学研究；利用基因组学相关技术挖掘重要、特色性状基因资源，阐释生物多样性的基因组学基础，开发有害动植物分子检测技术。针对海南岛热带雨林、淡水湿地、珊瑚礁、红树林与海岸带等，揭示生物多样性形成与维持机制、解析关键生态过程、开展退化生态系统恢复研究，优化与提升重要生态系统的生态服务功能等，保障和提升海南省生态安全。

### (二) 环南海区域生态安全

针对海南省地处中国大陆与东南亚的中间地带、位于中国南方生态屏障前沿及“一带一路”关键节点等特点，利用集中引进环南海区域海智专家的基础，从海南岛、南海岛礁、粤港澳大湾区、环南海区域等不同尺度开展海南岛生态安全及关键生态系统生态服务功能优化与提升、区域环境安全与生态文明建设等合作研究与交流，为中国-东盟人类命运共同体建设等保驾护航。



### （三）传统生态文化与当代生态文明建设

在习近平生态文明思想、习近平文化思想的指导下，积极践行中华优秀传统文化的传承与创新利用，发掘海南省及环南海区域代表性非物质文化遗产为主的传统农耕技艺等优秀生态文化，近期聚焦入选国家级非物质文化遗产的“洋浦千年古盐田晒盐技艺”、申报中的中国重要农业文化遗产“木棉稻田农林复合系统”等，利用现代科学理论与技术揭示传统生态文化的科学原理与生态学基础，实现“把论文写在海南大地上”，促进中华优秀传统文化的创造性转化、创新性发展。同时，探索传统生态文化的现存价值及其在当代社会中的传承与利用途径，助力乡村全面振兴，提升海南地方民族及中华民族的文化自信、民族自信，从生态文化维度丰富生态文明建设和中国式现代化内涵，打造国家生态文明试验区的“海南样板”。





### 三、大事记

#### ▶ 协助海南省昌江黎族自治县申报了“木棉稻田农林复合系统”中国重要农业文化遗产

近年来，中国科协海智计划海南（海南大学）工作基地围绕海南省独具热带特色的木棉文化开展了深入系统的研究，证实了“木棉稻田农林复合系统”这一热带地区传统农耕模式具有深厚的文化内涵和科学有效的耕作理念。在此基础上，工作基地积极对接昌江黎族自治县人民政府，组织了中国重要文化遗产申报材料的整理与撰写，开展了申遗系列活动。

2023 年 2 月，中国科协海智计划海南（海南大学）工作基地在中国科协海智专家李百炼教授的指导下，联合昌江黎族自治县举行了座谈研讨会。工作基地负责人任明迅教授汇报了木棉-稻田农林复合系统的定义与价值以及申报中国重要农业文化遗产的工作进度。与会专家一致认为海南昌江木棉稻田农林复合系统是中国为数不多的热带稻作立体经济模式，代表着早期栽培稻驯化历史从“刀耕火种”的旱作模式向“整地插秧”的水田种植的关键过渡环节，保留着木棉文化、黎锦与黎陶、旧石器时代遗址、传统农耕技艺等深厚的文化底蕴，以及较好的产业基础和知名度，积极申报中国重要农业文化遗产，服务海南省乡村振兴、现代特色高效农业和生态文明建设。

工作基地还先后 2 次指导昌江黎族自治县举办了“遇稻美好·木棉之恋梯田实景音乐秀”，吸引了近 3 万人次的当地村民和外地游客参加，有力宣传了海南昌江木棉稻田农林复合系统，提升了大众对这一传统农耕文化的认识和保护意识。



### ➤ 新增两项国家自然科学基金项目资助

工作基地/中心 2023 年获批 2 项国家自然科学基金，包括面上项目 1 项：飘还是漂？探究风筝果翅果的扩散机制及其对局域和区域种群遗传结构与基因流的影响（负责人：任明迅，资助经费：46 万元）；青年科学基金项目 1 项：海南岛马铃薯苔属物种的“天空之岛”分布格局和分化历史（负责人：凌少军，资助经费：30 万元）。

### ➤ 主笔撰写的 1 篇咨政报告获海南省沈丹阳、倪强副省长正面批示，并转海南省林业局、海南省林科院拟开展联合攻关研究

2023 年 7 月，工作基地/研究中心负责人任明迅在参加海南省委党校培训期间，在海南省党校吴园英老师和同班学员的指导与修改下，主笔撰写了《关于完善海南热带雨林国家公园大型道路生态风险防范措施的建议》，对中线高速公路、环热带雨林国家公园旅游公路等大型道路的生态风险及其防范措施提出了建言献策，7 月 26 日通过海南省委党校提交。2023 年 8 月 8 日，沈丹阳副省长、倪强副省长作出批示，拟请海南省林业局（海南热带雨林国家公园管理局）、海南省林科院联合海南大学等单位联合开展攻关研究。

### ➤ 《东南亚植物地理》专著正式出版

由任明迅、谭珂、向文倩、凌少军、张哲主编的《东南亚植物地理》于 2023 年 9 月在科学出版社正式出版（ISBN：978-7-03-073850-9）。

该书是作者近 10 年的野外考察与研究成果的总结，对东南亚植物多样性的地理分布格局、植物区系划分、季风及岛屿分布格局对植物多样性的影响、代表性热带植物类群（如龙脑香科、金虎尾科、秋海棠科、兰科、苦苣苔科等）



长距离扩散与适应进化、东南亚生物文化多样性及原住民对当地生物多样性就地保育的作用等进行了较为系统的总结与分析，是从国际科技合作与交流的角度践行“一带一路”国家战略的典范。

#### ➤ 积极参与了中国植物学会第十七次会员大会暨第二届植物科学前沿学术大会

2023年11月26-30日，任明迅受邀参加了中国植物学会第十七次会员大会暨第二届植物科学前沿学术大会，以特邀新锐报告作了题为《飘还是漂？金虎尾科三翅翅果的扩散机制研究》的口头报告。会议上，任明迅被选举为中国植物学会第十七届理事会理事。

### 四、代表性成果

#### ➤ 研究方向一：生物多样性与生态保育

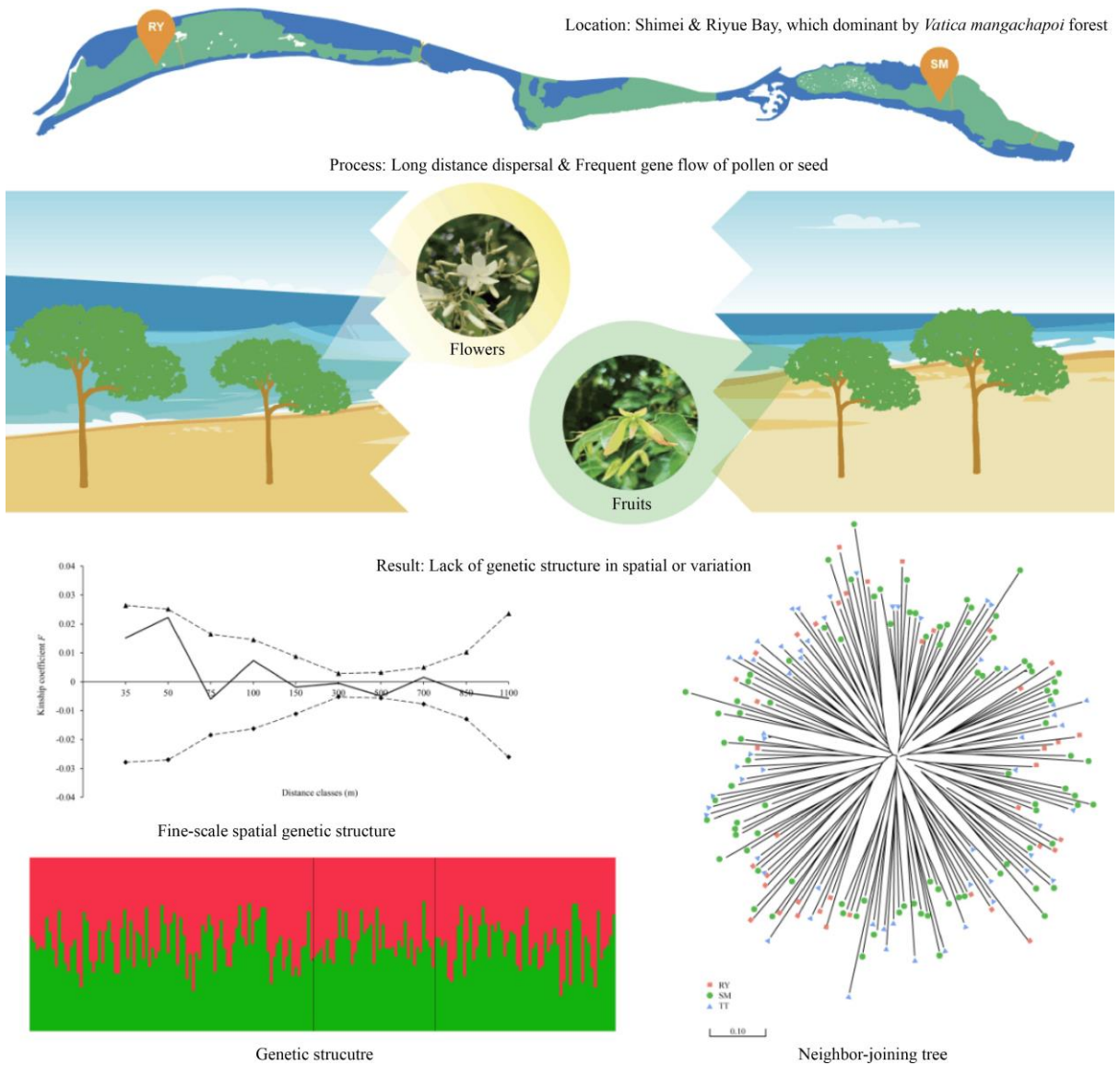
聚焦具有重要科研价值和观赏价值的典型热带植物类群苦苣苔科（*Gesneriaceae*）、金虎尾科（*Malpighiaceae*）、木棉科（*Bombacaceae*）等开展了植物适应与进化、生物地理学研究，揭示海南植物多样性及其与周边地区的长距离扩散格局与演变趋势（*植物生态学报*, 2023, 47(8), 1105-1115）。揭示了苦苣苔科苦苣苔（*Conandron ramondioides*）物种分化历史与物种复合群的分类（*Journal of Systematics and Evolution*, 2023, 61(6), 1020-1035）。开拓了海南民族植物学与生态文化研究方向（*生物多样性*, 2023, 31(3), 22524）。在云南发现2个新物种“狭翅风筝果”“红纹石山苣苔”，公开发表在国际植物分类学权威期刊（*PhytoKeys*. 2023 ;232:45-57; *PhytoKeys*. 2023; 230: 289-299）。



狭翅风筝果 (PhytoKeys, 2023)



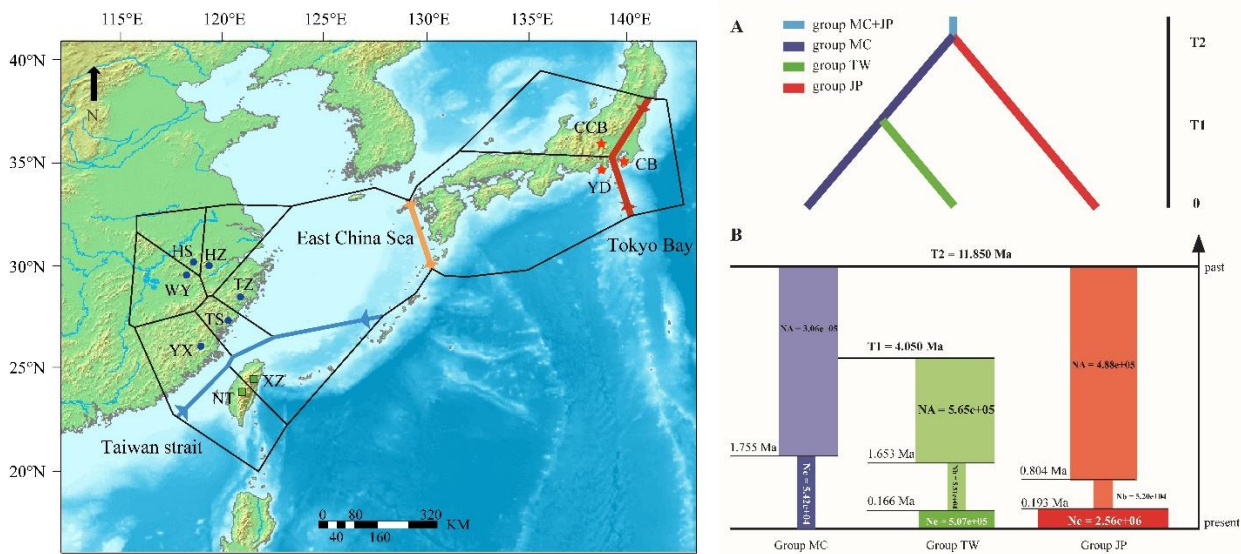
红纹石山苣苔 (PhytoKeys, 2023)



龙脑香科青梅石梅湾种群的空间遗传结构

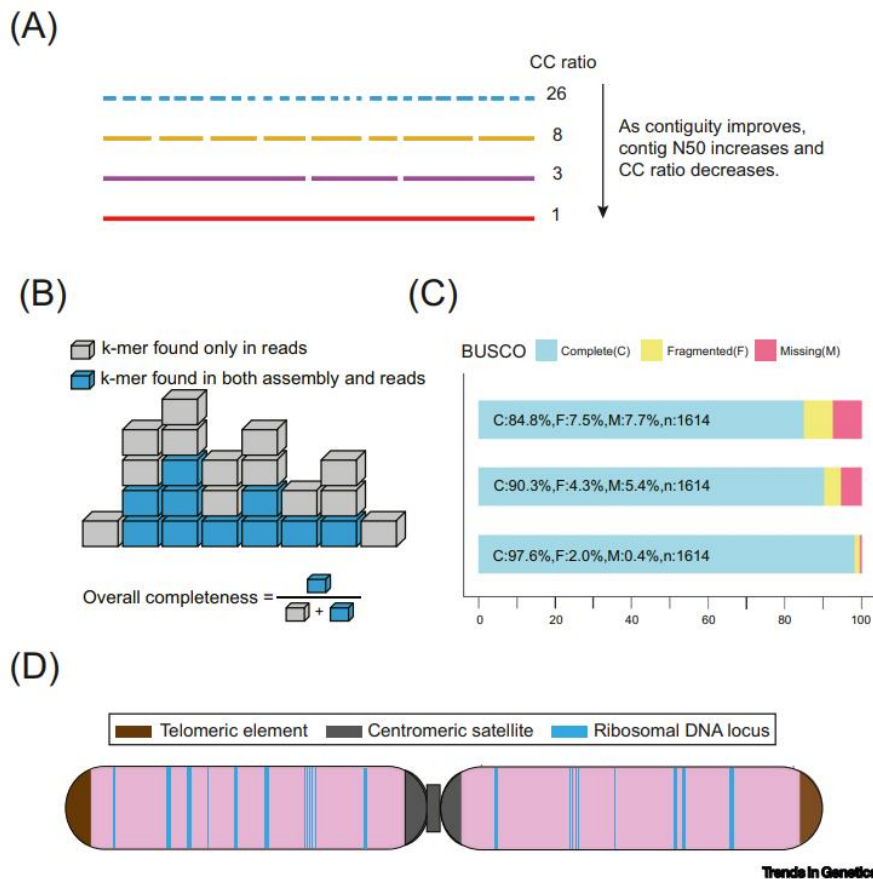
唐亮团队针对龙脑香科青梅 (*Vatica mangachapoi*) 开展了系统的保育遗传学研究, 揭示了青梅的染色体基因组和转录组学特征, 并深入研究了海南岛石梅湾青梅种群的空间遗传结构, 以及生境破碎化对遗传多样性与种群自然更新的影响, 相关成果发表在《DNA Research》《Tropical Plants》。

任明迅团队利用 RAD 简化基因组测序方法, 研究了间断分布于中国大陆、台湾岛、日本群岛的苦苣苔种群分子生物地理学格局, 证实了隔离分化是导致苦苣苔种群地理分布格局和遗传分化的关键因素, 揭示了中国大陆苦苣苔种群经历了较明显的遗传瓶颈, 至今遗传多样性仍未恢复。中国大陆、台湾岛和日本群岛的苦苣苔种群遗传分化明显, 可能已形成亚种。



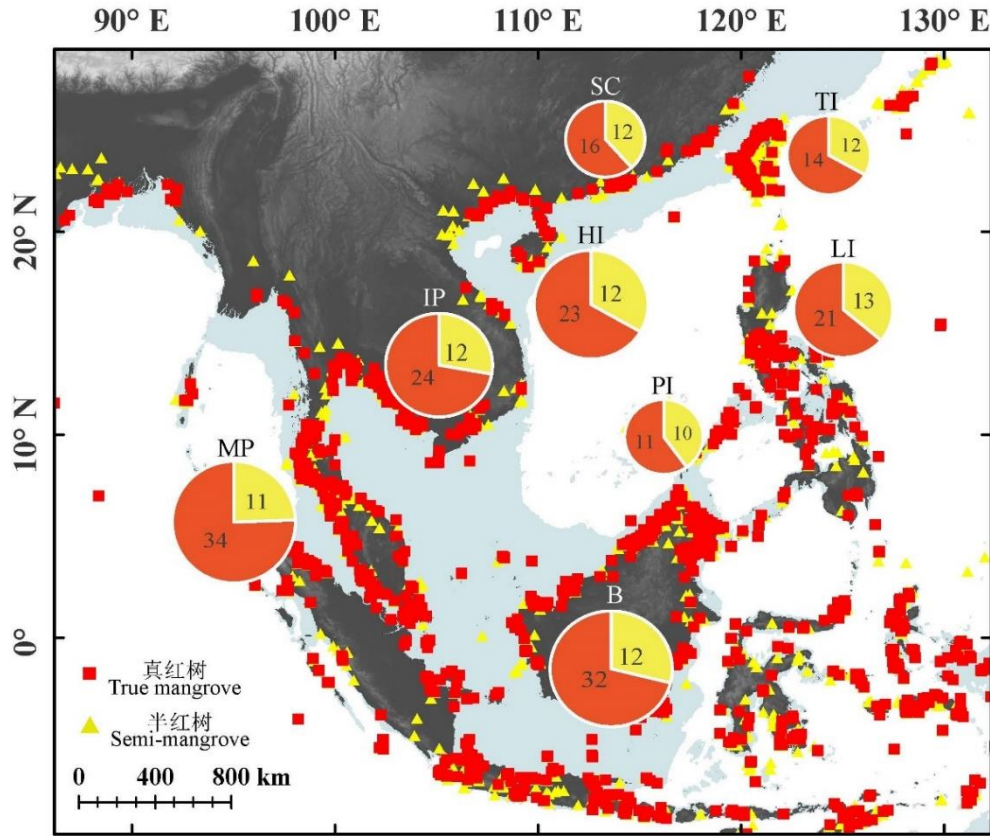
苦苣苔分子生物地理学格局和种群分化历史 (Journal of Systematics and Evolution, 2023)

针对国际上尚无系统的基因组组装质量评估体系、以及部分评价指标已不符合基因组学科发展的要求, 王鹏团队从连续性、完整性、准确性、细胞器基因组、杂合性等五个方面, 提出了系统评价基因组组装质量的指标体系, 并提出了评估基因组组装连续性的新指标: CC ratio。相关研究成果以封面论文的形式发表于国际权威杂志《Trends in Genetics》(影响因子 11.5)。



基因组组装时的连续性和完整性分析  
(Trends in Genetics, 2023)

任明迅团队研究了环南海区域的红树植物多样性分布格局，指出环南海区域的马来半岛和加里曼丹岛红树物种多样性最高，其次是中南半岛、海南岛和吕宋岛，巴拉望岛红树物种多样性最低。明确了夏季和冬季完全不同的洋流方向和季风方向促进了红树植物在环南海区域的长距离扩散；南海北部和南部的洋流存在一定的内循环，导致海漆(*Excoecaria agallocha*)、蜡烛果(*Aegiceras corniculatum*)和榄李(*Lumnitzera racemosa*)等真红树物种在中南半岛金兰湾、巴拉望岛北端连线的两侧出现了相对隔离的遗传谱系；南海海平面在更新世曾下降了 120 m 左右，深刻影响了环南海区域红树植物的分布格局及迁移路线。



环南海区域红树物种多样性分布格局 (植物生态学报, 2023)

(Q-4967.31)

### 东南亚植物地理

PHYTOGEOGRAPHY OF SOUTHEAST ASIA

任明迅 谭珂 向文倩 凌少军 张哲 编著

定价: 298.00 元

# 东南亚植物地理

PHYTOGEOGRAPHY OF SOUTHEAST ASIA

任明迅 谭珂 向文倩 凌少军 张哲 编著








科学出版社 生命科学出版社  
联系电话: 010-64012901  
ifsc@sciencep.com  
http://ife.sciencepreading.cn  
销售分类建议: 植物学




扫描二维码  
获取更多内容



www.sciencep.com  
ISBN 978-7-03-073850-9  
定价: 298.00 元

科学出版社  
SCIENCE PRESS

东南亚植物地理  
(ISBN: 978-7-03-073850-9)



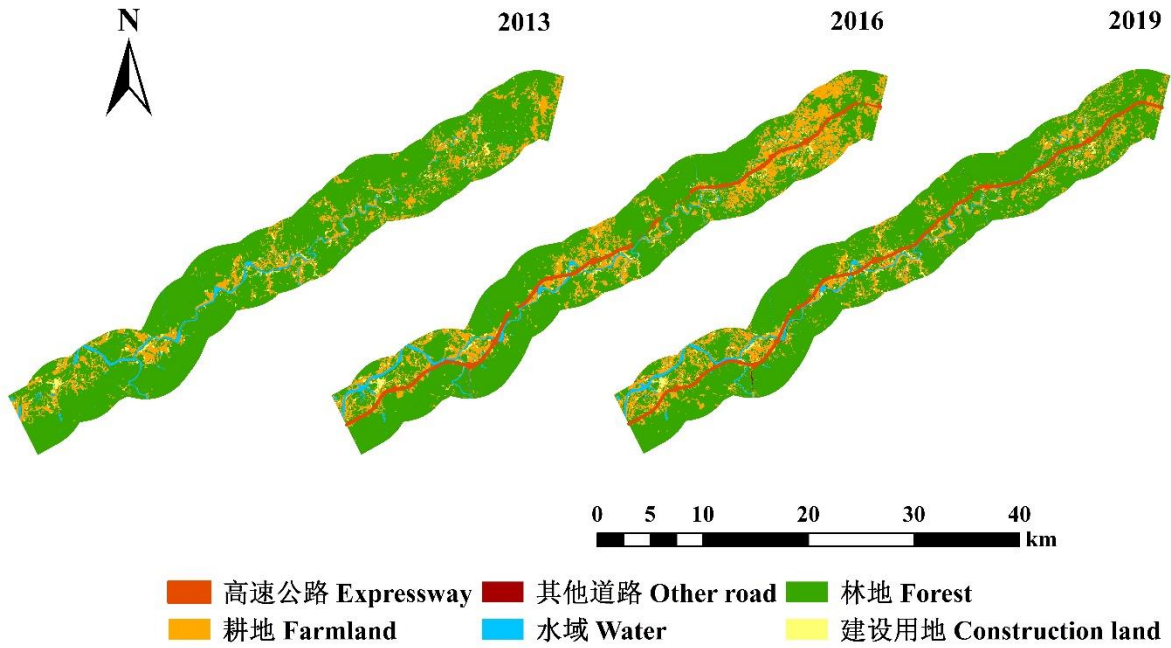
出版了专著《东南亚植物地理》，系统总结了近十年的东南亚植物地理学研究结果，对东南亚自然地理与地质历史、植物分布格局与区系划分、代表性热带植物类群(龙脑香科、金虎尾科、苦苣苔科、秋海棠科、兰科、木棉亚科等)长距离扩散与适应进化等进行了总结与分析，讨论了东南亚作为现代被子植物的起源地及“进化前沿”的发生机制及其对中国南方热带植物区系的影响。此外，还结合民族植物学分析了东南亚和海南岛的植物文化多样性，探讨了人类活动和传统文化对植物扩散及其地理分布格局的作用。

### ► 研究方向二：环南海区域生态安全

海南热带雨林国家公园是我国唯一有高速公路穿越的国家公园。高速公路对国家公园生态系统完整性和原真性的潜在长期影响有待研究和提出针对性的应对策略。任明迅团队选取高速公路穿越段两侧 3 km 作为研究区域，运用 GIS 技术、Fragstats 和景观生态学理论定量评价 2013 年(高速公路未建)、2016 年(高速公路在建)和 2019 年(高速公路竣工)三年的景观要素变化，解析景观变化趋势和可能带来的潜在生态风险，并研究了雨季和旱季的高速公路道路径流的重金属等物质含量。结果发现，高速公路造成的生境隔离与破碎化效应产生了较多的较高生态风险区，可能引发远期的负面生态效应。雨季降雨冲刷路面形成的道路径流导致路旁土壤镉含量较高、河水含有较多的镉和锌。

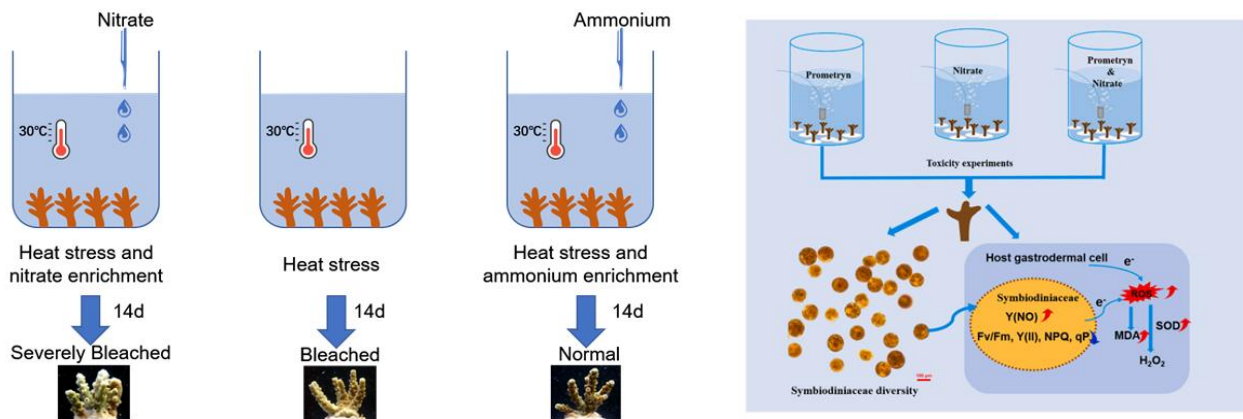
这些重金属的长期累积可能污染路旁耕地与河水，影响到局域生物多样性与生态系统服务功能。相关研究结果发表在《生态学报》《自然保护地》《热带生物学报》等期刊。





海南热带雨林国家公园高速公路穿越段的植被变化

近海水质是影响珊瑚礁健康和南海生态安全的重要因素之一。赵洪伟团队开展了氮富集和除草剂污染对珊瑚的影响研究。研究发现硝酸盐富集能够使珊瑚对高温胁迫更敏感更易白化进而死亡，而低浓度铵盐富集对珊瑚响应高温胁迫有利。硝酸盐和环境浓度除草剂扑草净共胁迫有协同作用，会降低珊瑚共生虫黄藻密度和光合效率，增加珊瑚氧化应激水平。相关成果发表在国际著名生态环境类期刊《Science of the Total Environment》和《Chemosphere》。



热胁迫和除草剂对珊瑚共生虫黄藻和光合效率的影响



### ➤ 研究方向三：传统生态文化与当代生态文明建设

为贯彻落实习近平总书记“希望广大科技工作者以提高全民科学素质为己任，把普及科学知识、弘扬科学精神、传播科学思想、倡导科学方法作为义不容辞的责任”的指示，工作基地/研究中心任明迅教授主动带领张哲博士、向文倩博士、姚小兰博士、魏雅丽博士研究生，以及崔立星科研助理和多名硕士生积极参与海南各项科普活动及社区志愿者活动，向大众科普海南热带雨林国家公园中特殊的雨林奇观和独特的传统文化，以及洋浦盐田晒盐技艺、木棉稻田农林复合系统、滨海红树林生态与保护等，将科研成果用通俗易懂的方式走进大众，积极推动形成讲科学、爱科学、学科学、用科学的良好氛围。

#### 1. 木棉稻田农林复合系统与木棉文化的科研与科普

在木棉繁殖适应与分子遗传的研究基础上，任明迅团队首次系统总结并提出了热带地区传统的农林复合种植模式“木棉稻田农林复合系统”，并利用分子生物学和景观生态学研究方法解析了这一传统立体种植模式的生态学基础，对服务热带特色高效农业和生态文明建设具有积极意义。研究发现，木棉发达的根系可以调节稻田土壤微生物群落、木棉花吸引鸟及控制田间害虫、凋落木棉花分解释放养分。相关成果发表在《Plant and soil》《生物多样性》等。

受海南昌江县政府邀请，作为申遗专家团队全面指导海南昌江木棉稻田农林复合系统相关申遗活动和申报工作，撰写第七批中国重要农业文化遗产相关申报材料，开展了木棉稻田申遗学术座谈会、木棉稻田音乐秀等系列活动。



工作基地/研究中心组织的科普活动



昌江木棉稻田农林复合系统申报中国重要农业文化遗产系列活动

在海南省院士平台科研专项、昌江县政府委托项目、海南大学协同创新中心科研项目等资助下，在昌江排岸村租赁 82 亩高标准农田作为木棉稻田农林复合系统的优质高产技术研发与示范基地。带动当地村民打造“木棉稻米”品牌，相关产品如黎族传统稻种、木棉稻米、木棉米酒等绿色生态产品亮相 2023 年海南冬季交易会。这些相关工作对于促进当地的农业、生态、文化和旅游的融合发展具有积极意义，积极体现了海南大学服务地方经济发展和创建热带特色高效农业新模式的有益尝试。



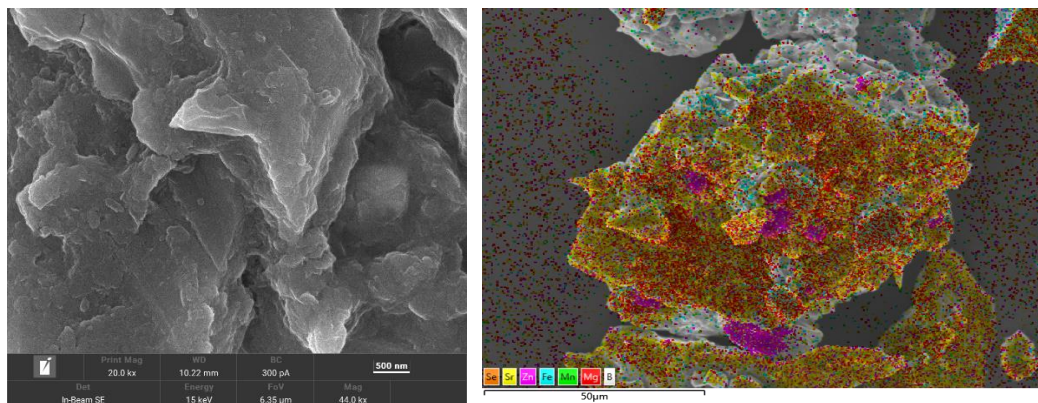
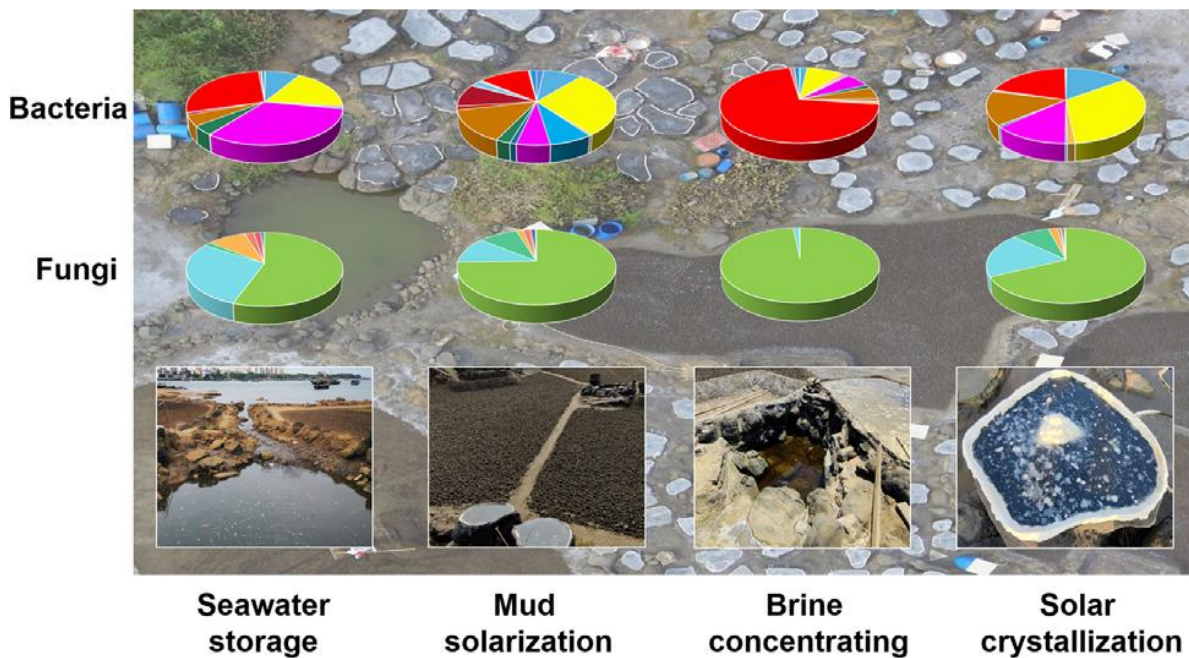
木棉稻田农林复合系统及木棉稻米亮相海南冬季交易会

## 2. 洋浦千年古盐田耐盐微生物与“火山石盐”优质高产技术

针对海南儋州的洋浦千年古盐田，研究了晒盐过程中的细菌和真菌多样性与群落结构时空变化，从现代科技角度解析了洋浦盐田晒盐技艺（2008 年入选了第二批国家级非物质文化遗产）的生物多样性基础与生态学原理，确定了关键微生物类群及其生态功能，证实了千年古盐田长期的高盐环境和火山岩石槽的卤水暴晒可能选择和保留了特殊的耐盐微生物资源。

这些耐盐微生物的代谢产物和火山石槽晒盐过程中硒、锶等微量元素进入

盐品，再加上盐泥曝晒过程中 *Saitozyma*、*Solicoccozyma*、*Wallemia* 等菌群丰度显著增加，产生的  $\beta$ -葡萄糖苷酶活性有效保留了大量风味物质，提高了海盐品质，使得千年古盐田的盐具有独特风味和营养价值（Science of the Total Environment, 2022; Wei et al. 未发布数据）。根据相关研究成果，提出了“火山石盐”优质高产技术，进一步拓展了结合现代科技手段解析传统生态文化、促进热带高效农业与生态文明建设的研究。



洋浦千年古盐田晒盐技艺中微生物群落与有益微量元素的时空变化

### 3. 海南热带雨林国家公园科普视频系列

受海南省林业局（海南热带雨林国家公园管理局）资助，团队博士后张哲担任总导演兼制片人的海南热带雨林国家公园科普视频系列受到多方好评。该视频系列共 130 多集，包括动物篇、植物篇、风景名胜篇、民俗文化篇、人与雨林篇和雨林生态篇。目前，已在海南热带雨林国家公园官方哔哩哔哩、海南林业微信公众号等公众平台发布，累计播放上千万次，播放、点赞、微博相关话题讨论超 5000 万次。

该系列科普视频被中央广播电视总台中国之声“热带雨林两天一夜”（2022 年 11 月 20 日），夏至 国家公园（2022 年 6 月 21 日），三沙卫视“你好，自贸港”（2022 年 5 月 14 日），海南交通广播“热带雨林”（2022 年 5 月 15 日）和海南卫视新闻联播（2022 年 3 月 18 日）等报道和宣传。

其中，我团队博士后向文倩博士主讲的《木棉》入选中国生态环境部科技与财务司组织评选的优秀科普短视频、“典赞·2023 科普中国”提名奖两项奖励。



国家公园01科普系列视频预告片



国家公园-01木棉文化-向文倩



国家公园-02翅果



国家公园-03黎族传统纺织刺绣技艺



国家公园-05黎族原始制陶技艺



国家公园-06黎族竹竿舞



国家公园-海南马铃苕苔



国家公园-美丽火桐1

#### 海南雨林国家公园科普视频系列

## 五、平台建设

### 1. 分子生态学实验室



### 2. 植物形态分析实验室



### 3. 植物化学分析室



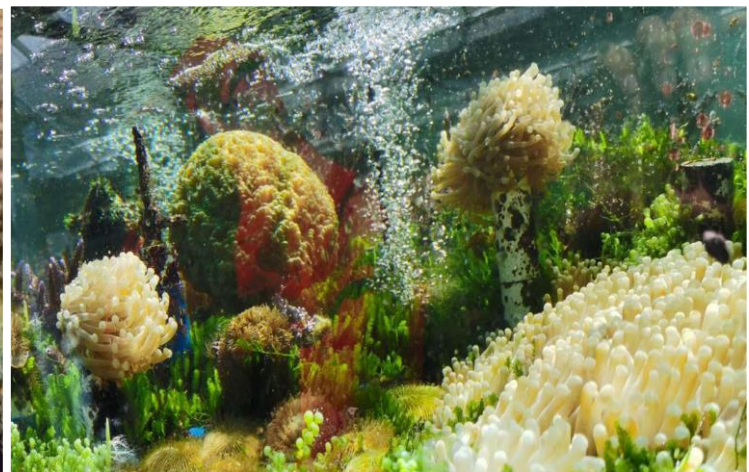
#### 4. 陆基珊瑚养殖基地



万宁市山根镇的繁育区与养殖区（30 亩）



珊瑚幼体生长情况



珊瑚排卵与受精生长



## 5. 木棉稻田农林复合系统示范基地



## 6. 资源收集与保存

### ➤ 植物昆虫标本库



### ➤ 真菌标本库



### ➤ 引种资源圃



➤ 野外重点采集与研究区域



▲ 广西和云南(横断山区)



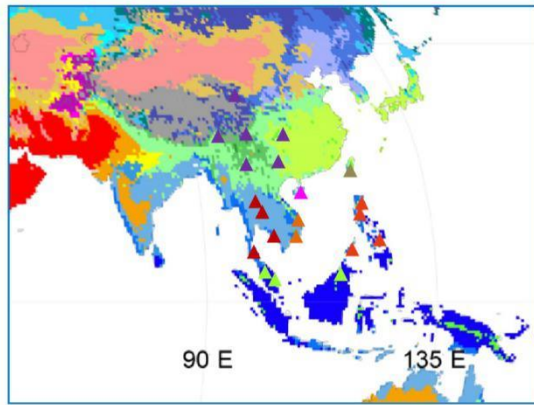
▲ 台湾(恒春半岛、兰屿)



▲ 海南(霸王岭、尖峰岭)



▲ 泰国(清迈、清莱)



▲ 菲律宾(吕宋岛、巴拉旺岛)



▲ 越南(芽庄、巴拿山)



▲ 泰国(巴蜀、芭提雅)



▲ 马来西亚(沙巴、森美兰)



马来西亚 (Kaki Bukit Tabur)



肯尼亚 (Kilifi)

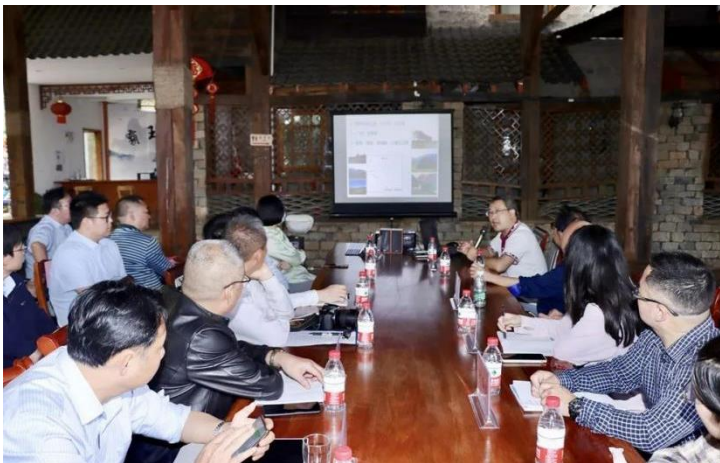


菲律宾 (Arayat)

## 六、合作与交流



➤ 2023 年 11 月 13-15 日，海南大学牵头发起的热带高校联盟正式成立，任明迅、向文倩等参加了成立大会，陪同巴西 Campinas 大学 Fabio Pinheiro 教授考察。



➤ 2023 年 2 月，李百炼院士和任明迅教授团队参加了昌江县政府组织的推动木棉稻田农林复合系统申报中国重要农业文化遗产的启动仪式和现场考察活动。



➤ 2023 年 2 月，工作基地组织开展申报中国重要农业文化遗产座谈研讨会。任明迅教授汇报了木棉-稻田农林复合系统的定义与价值以及申报中国重要农业文化遗产的工作进度。



➤ 10月13日,赵洪伟教授参加在绍兴举办的第八届全国生态毒理学大会,做了题为“PSII型除草剂与高温共胁迫对造礁珊瑚的分子影响机制”的报告。



➤ 2月25日,工作基地利用中国科协科普大篷车,联合昌江黎族自治县青少年活动中心举办了以“木棉遇稻探丰年”为主题的系列科普与研学活动。



➤ 3月22日,任明迅教授、杨鑫等参加了“世界水日”宣传活动。



➤ 4月29日，中国科协海智专家、美国伊科集团总裁伍业钢博士来访工作基地，作了题为《流域生态系统修复和生态智慧城市建设——中美案例分析》的报告，并捐赠了他主编的6册图书。



➤ 5月27日-31日，任明迅教授、向文倩博士、张钟文硕士研究生参加第八届全国植物繁殖生态学与进化生物学学术研讨会。向文倩博士作了《同域分布的梅花草属两个物种间的生殖隔离机制》的口头报告。



➤ 7月21日-24日，工作基地首席海智专家李百炼教授、工作基地负责人任明迅教授、向文倩博士、巫惠玲硕士研究生参加第二十届中国农业生态与生态农业学术研讨会。



➤ 7月23日-24日，美国加州大学河滨分校李百炼院士和任明迅教授团队赴海南热带雨林国家公园五指山片区实地考察了自然研学资源和科普教育现状。



➤ 7月28日-31日，任明迅教授参加第八届中国植物蛋白质研究大会暨首届贵阳生命科学新高地顶尖科学家论坛。



➤ 8月15日，工作基地等联合海南无字教育服务有限公司举行主题交流会迎接首个全国生态日。



➤ 8月17-18日，任明迅教授团队参加海南省旅游协会研学行业分会国家公园研学专题调研活动。

 National University of Singapore | Department of Biological Sciences  
Faculty of Science

# SEMINAR

Wed, 23 Aug 2023 | 4 pm | DBS Conference Room 1  
Hosted by Assoc Prof Huang Danwei

## Nitrate and herbicides pollution can render corals more sensitive to heat stress

**By Zhao Hongwei**  
State Key Laboratory of Marine Resources Utilization in South China Sea  
College of Ecology and Environment  
Hainan University, China



**About the Speaker**  
Professor Zhao is a Professor and the deputy Head of the Integrated Land-Sea Pollution Control and Coral Reef Protection at the State Key Laboratory of Marine Resources Utilization in South China Sea, College of Ecology and Environment, Hainan University. His group focuses on the impacts of pollution (nitrogen, herbicides, pesticides and emerging pollutants) on corals in the context of climate change, and the ecosystem-based strategies for integrated land-sea pollution control. He is currently the associate dean of Center for Ecosystem Restoration of Hainan University, the member of the Marine Ecological Safety Professional Committee, Chinese Society of Environmental Sciences, and the editorial board member of Marine Environmental Research. He has received several grants from the National Natural Science Foundation of China, BMBF, and Hainan Provincial Department of Science and Technology. He is currently visiting professor in the Reef Ecology Lab at the Department of Biological Sciences, NUS.

Global coral reefs are experiencing rapid degradation under the stresses from climate change and human activities. Several studies have indicated that corals exposed to pollutants and heat stress, particularly when experienced simultaneously, show more pronounced negative effects compared to individual stressors. The findings of our study show that nitrogen enrichment or PSII herbicides pollution can render stress-tolerant reef-building corals more sensitive to heat stress. We elucidated the underlying mechanisms by assessing photosynthetic activities, antioxidant capacity, and multi-omics analysis. In addition, the excessive nitrogen emissions in Hainan Island have been investigated as a case study, and tailored strategies have been developed to effectively manage them for the protection of local ecosystems.

➤ 8月23日，赵洪伟教授获邀出访新加坡国立大学期间，受邀于新加坡国立大学生物科学系做了题为“Nitrate and herbicides pollution can render corals more sensitive to heat stress”的学术报告。





➤ 9月1日,巴基斯坦 Ishtiaq Ahmad Rajwana 教授来访工作基地,并作了题为《An Overview of Mango Value Chain Improvement in Pakistan》的专题报告。



➤ 9月12日,任明迅教授带领生物多样性与生态文化团队,前往海南省林业科学研究院(海南省红树林研究院)进行了座谈交流会。



➤ 9月16-17日,任明迅教授,硕士生金文婷和张钟文参加第三届中国生物地理学大会暨西南生物多样性保护论坛。



➤ 9月25日-27日，由五指山分局主办，海南省珠峰林业生态研究所承办，海南大学等单位协办海南热带雨林国家公园管理局五指山分局自然教育能力提升培训班（第一期）在五指山市举行。



➤ 10月27日-30日，由海南大学、NESS 国际科学网络、海南师范大学、海口市林业局、海南国家公园研究院主办的 2023NESS 国际科学大会暨生态保障人类命运共同体学术研讨会在海南大学举办，海南大学获得特别贡献奖。



➤ 10月25-29日，任明迅教授受邀参加了中国植物学会 90 周年年会暨第二届植物科学前沿学术大会，作了题为《飘还是漂？金虎尾科植物三翅翅果的扩散机制研究》的特邀新锐报告。



► 10月27-30日，向文倩博士参加了第二十二届中国生态学大会暨中国生态学学会第十一次全国会员代表大会，作了题为《传承生态文化、做好海南科普》的报告。



► 11月13日，巴西 Fabio Pinheiro 教授到访工作基地并作了题为《Exploring the Center-Periphery hypothesis in the tropical region: an example using orchids as models》的报告。



► 11月18日，第四届植物生态学前沿论坛暨 JPE 编委会会议在海南大学顺利召开。向文倩博士作了题为《木棉稻田农林复合系统的物种多样性与资源循环过程》的报告。



➤ 12月1-4日，向文倩博士赴云南元阳参加全国农业文化遗产大会，实地考察云南哈尼稻作梯田系统的耕作模式与农耕文化。



➤ 12月4日，魏雅丽博士生参加了2023琼岛环境论坛，作了题为《海南洋浦千年古盐田的生态文化》的报告。



➤ 12月14-16日，第二届中国自然教育产业创新发展大会在五指山举行，任明授团队参与会议组织。张哲博士作了《海南热带雨林自然教育》的报告；海南大学获自然教育产业创新工作优秀项目先进单位。





➤ 主办或参与主办的学术会议

会议名称	会议类别	会议时间	参加人数
NESS 国际科学大会暨“生态保障人类命运共同体”学术研讨会	国际会议	2023 年 10 月	300
中国植物学会第十七次全国会员代表大会暨第二届植物科学前沿学术大会	全国会议	2023 年 10 月	300
第四届植物生态学前沿论坛暨 JPE 编委会会议	全国会议	2023 年 11 月	200
第二届中国自然教育产业创新发展大会	全国会议	2023 年 12 月	80

➤ 学术报告情况

报告名称	报告人	会议名称	地点	时间
飘还是漂？金虎尾科植物翅果的扩散机制研究（特邀新锐报告）	任明迅	中国植物学会第十七次全国会员代表大会暨第二届植物科学前沿学术大会	海口	2023.10
风筝果属分子进化与物种形成机制	任明迅	第八届中国植物蛋白质研究大会暨首届贵阳生命科学新高地顶尖科学家论坛	贵阳	2023.07
木棉-稻田农林复合系统的生物多样性和资源循环过程	任明迅	第二十届中国农业生态与生态农业学术研讨会	海口	2023.07
PSII 型除草剂与高温共胁迫对造礁珊瑚的分子影响机制	赵洪伟	第八届全国生态毒理学大会	绍兴	2023.11
Nitrate and herbicides pollution can render corals more sensitive to heat stress	赵洪伟	新加坡国立大学学术报告	新加坡	2023.08
Nitrate and PSII herbicide render corals more susceptible to ocean warming	赵洪伟	第四届海岸带资源与环境国际学术研讨会	广州	2023.11



同域分布的梅花草属两个物种间的生殖隔离机制	向文倩	第八届全国植物繁殖生态学与进化生物学学术研讨会	吉首	2023.05
木棉-稻田农林复合系统的田间木棉花分解及其微生物多样性	向文倩	第二十二届中国农业生态与生态农业学术研讨会	海口	2023.07
传承生态文化、做好海南科普	向文倩	第二十二届中国生态学大会	北京	2023.10
建设高校自然教育体系，培养大学生人类命运共同体意识	张哲	NESS 国际科学大会暨“生态保障人类命运共同体”学术研讨会	海口	2023.10
木棉稻田农林复合系统的物种多样性与资源循环过程	向文倩	第四届植物生态学前沿论坛暨 JPE 编委会会议	海口	2023.11
海南洋浦千年古盐田的生态文化	魏雅丽	2023 琼岛环境论坛	海口	2023.12
海南热带雨林自然教育	张哲	第二届中国自然教育产业创新发展大会	五指山	2023.12

### 参加学术会议情况

会议名称	会议类别	会议时间	参会人员
2023NESS 国际科学大会暨生态保障人类命运共同体学术研讨会	国际会议 (海口)	2023.10	任明迅、马光辉
第四届植物生态学前沿论坛暨 JPE 编委会会议	全国会议 (海口)	2023.11	任明迅、姚小兰、熊恒煜、李镇东、何倩倩、符国玉
第八届全国植物繁殖生态学与进化生物学学术研讨会	全国会议 (吉首)	2023.05	任明迅、向文倩、张钟文
第八届中国植物蛋白质研究大会暨首届贵阳生命科学新高地顶尖科学家论坛	全国会议 (贵阳)	2023.07	任明迅



第二十届中国农业生态与生态农业学术研讨会	全国会议 (海口)	2023.07	李百炼、任明迅、向文倩、巫惠玲
第三届中国生物地理学大会暨西南生物多样性保护论坛	全国会议 (昆明)	2023.09	任明迅、金文婷、张钟文
中国植物学会第十七次全国会员代表大会暨第二届植物科学前沿学术大会	全国会议 (海口)	2023.10	任明迅、姚小兰、杨淑云、金文婷、张钟文、巫惠玲
2023 年度植被生态与分类学术研讨会暨《海南植被志》图书发布会	全国会议 (海口)	2023.9	向文倩
海南生态环境建设高端论坛	全国会议 (海口)	2023.9	向文倩
全国博士后学术交流论坛	全国会议 (海口)	2023.11	向文倩, 姚小兰
第七届全国农业文化遗产大会	全国会议 (元阳)	2023.12	向文倩
第二届中国自然教育产业创新发展大会	全国会议 (五指山)	2023.12	任明迅、张哲



## 七、社会兼职

姓名	学术组织或科研机构	职务	任职时间
杨小波	国际生物多样性计划中国委员会	委员	2012-
	海南省生态学会	理事长	2010-
	中国生态学会	常务理事	2012-
	海南省植物学会	副理事长	2011-
	海南省环境学会	副理事长	2008-
	海南省环境教育协会	常务副会长	2008-
任明迅	《Collectanea Botanica》	编委	2014-
	《热带生物学报》	编委、专栏主持人	2020-
	中国科协海智计划海南（海南大学）工作基地	负责人	2020-
	热带特色林木花卉遗传与种质创新教育部重点实	副主任	2019-
	海南省李百炼院士工作站	负责人	2018-
	中国植物学会	理事	2023-
	中国林学会热带雨林分会	常务委员	2022-
	中国林业产业联合会自然与实践教育分会	副理事长	2023-
	海南省林学会	副秘书长	2018-
	海南省植物学会	副理事长	2023-
	海南省旅游协会研学行业分会专家委员会	委员	2022-
赵洪伟	中国环境科学学会污染源排放与管控专业委员会	委员	2022
	中国环境科学学会海洋生态安全专业委员会	委员	2023-
	Carbon Research	青年编委	2023-
	Marine Environmental Research	编委	2022
	海南省邹乐明院士工作站	平台负责人	2020-
	海南省热带生态环境修复工程研究中心	主任	2023-
黄青	《亚热带植物科学》	编委	2020-





	海南省贺泓院士创新团队	负责人	2020-
	Frontiers in Microbiology	编委	2020
王鹏	Tropical Plants	编委	2022-
	《热带生物学报》	编委	2023-
	海南省人大	人大代表	2023-
	儋州市政协	政协委员	2022-
	农工党海南省委人口资源环境工作委员会	副主任	2022-
徐诗涛	海南省林学会	副理事长	2018
	海南省花卉协会	副理事长	2019
	海南省儋州市儋洋党旗红，博士村长行动油文村	博士村长	2023



## 八、在研项目

### 国家自然科学基金面上项目

- 飘还是漂？探究风筝果翅果的扩散机制及其对局域和区域种群遗传结构与基因流的影响（负责人：任明迅，执行期：2024.07-2027.12，直接经费：46 万）

### 国家重点研发项目子课题

- 海洋牧场生态系统演变过程与固碳增汇途径（负责人：赵洪伟，执行期：2023.01-2026.12，总经费：41 万）

### 国家自然科学基金地区科学基金

- 龙脑香科青梅属不同果实类型传播与适应的生态遗传学研究(负责人：唐亮，执行期：2021.1—2024.12，35 万)。
- 海南热带山地雨林苔藓植物群落多样性及其维持机制(负责人：张莉娜，执行期：2022.01—2025.12，35 万)
- 尖峰岭热带山地雨林叶内生与附生真菌-细菌的多层互作网络及其驱动因子研究(负责人：丁琼，执行期：2020.01—2023.12，40 万)
- 海南热带雨林破碎化和面积减少对青梅、坡垒种群发育的影响研究(负责人：李东海，执行期：2023.01—2026.12，33 万)

### 国家自然科学基金青年科学基金

- 海南传统村落中遗存乔木木棉对附生兰科植物海南钻喙兰的生态廊道作用(负责人：张哲，执行期：2022.03—2024.12，总经费：30 万)
- 海南岛马铃薯苔属物种的“天空之岛”分布格局和分化历史(负责人：凌少军，执行期：2024.01—2026.12，总经费：30 万)

### 省部级项目

- 海南国家公园研究院科研专项：海南热带雨林国家公园人工生态系统未来演变方向研究与规划建议(负责人：杨小波，执行期 2021-2024，经费 180.5 万元)
- 海南省野生动植物保护管理局科研专项：国家重点保护野生植物（海南）种群补查、监测与保护关键技术与示范(负责人：杨小波，执行期 2021-2023，经费 170.7 万元)
- 海南省院士创新平台绩效奖励科研经费：海南省传统农耕文化的生态学基础及其对现代高效农业与生态文明建设的作用(负责人：任明迅，执行期：2022-2024，经费：100 万)
- 海南省院士创新平台运营与建设经费（负责人：任明迅，执行期：2022-2024，经费：50 万）



万)

- 海南省院士创新平台 2020 年科研专项项目：海南热带雨林国家公园高速公路穿越段的环境监测与生态恢复技术(负责人：李百炼、任明迅，执行期：2020-2023，经费：50 万)
- 海南省院士工作站(外籍)专项：(负责人：赵洪伟，执行期：2020.1-2023.12，50 万)
- 海南省贺泓院士创新团队专项：(负责人：黄青，执行期：2020.1-2023.12，30 万)
- 海南省“海智计划”海南大学工作站建设与运行专项经费(负责人：任明迅，执行期：2021-2023，经费：5 万)
- 海南省重大科技专项课题：农业农村面源氮磷对近海生态系统的影响及防控技术与示范(负责人：赵洪伟，执行期：2021-2024，经费：180 万(含自筹 60 万))
- 海南省重点研发项目：琼东陆源氮素排放与近海珊瑚礁退化关系历史反演及其调控策略(负责人：赵洪伟，执行期：2021-2023，经费：50 万)
- 海南省院士创新平台专项：城市化建设对海南岛珊瑚礁的影响及其可恢复性评价(负责人：赵洪伟，执行期：2021-2024，经费：31 万)
- 海南省自然科学基金高层次人才项目：五唇兰(兰科)的适宜生存区预测与谱系地理格局(负责人：张哲，执行期：2022-2025，经费：10 万)
- 海南省自然科学基金高层次人才项目：第四纪气候变化对海南岛及周边地区风筝果种群遗传结构和动态的影响(负责人：谭珂，执行期：2022-2025，经费：10 万)。
- 海南省自然科学基金面上项目：氮沉降驱动下海南霸王岭不同海拔森林土壤挥发性有机物排放动态及其影响因素研究(负责人：何禾，执行期：2022-2025，经费：8 万)
- 海南省自然科学基金青年基金：木棉-稻田体系中木棉花分解的养分动态及微生物机制(负责人：王文娟，执行期：2022-2025，经费：6 万)
- 海南省自然科学基金青年基金：海南岛山地雨林优势树种陆均松和鸡毛松对不同水热条件的分子适应机制(负责人：凌少军，执行期：2022-2025，经费：6 万)
- 海南省科学技术厅青年科学基金项目：海南三种同域分布蝴蝶兰属植物的生殖隔离与适应性进化(负责人：张哲，执行期：2021-2024，经费：5 万)
- 海南热带雨林国家公园霸王岭分局横向课题：科普视频拍摄于制作(负责人：张哲，执行期：2022-2023，经费：30.10 万)
- 海南省重点研发项目：生活垃圾焚烧飞灰资源化利用技术与示范(负责人：黄青，执行期：2022-2025，经费：36.45 万)
- 海南省自然科学基金高层次人才项目：海南岛人工种植沉香树种源亲缘关系、优良种质筛选与结香差异研究(负责人：徐诗涛，执行期：2021-2023，经费：8 万)



## 九、主要论著目录

### ➤ 论文

1. Genome-wide RAD sequencing data suggest predominant role of vicariance in Sino-Japanese disjunction of the monotypic genus *Conandron* (Gesneriaceae). **Journal of Systematics and Evolution**, 2023, 61(6), 1020–1035. (责任作者：任明迅)
2. A proposed metric set for evaluation of genome assembly quality. **Trends in Genetics**, 2023, 39(3), 175–186. (责任作者：王鹏)
3. A new species of *Hiptage* (Malpighiaceae) from northwest Yunnan (China) based on molecular and morphological data. **PhytoKeys**, 2023, 232: 45-57. (责任作者：任明迅、谭珂)
4. A new lithophilous species of Gesneriaceae, *Petrocodon rubrostriatus*, from the karst area of South Yunnan, China. **PhytoKeys**, 2023, 230: 289-299. (责任作者：任明迅、宋希强)
5. A chromosome-scale genome and transcriptomic analysis of the endangered tropical tree *Vatica mangachapoi* (Dipterocarpaceae). **DNA Research**. 2023, 27; 29(2): 1-10(责任作者：唐亮)
6. Effects of habitat fragmentation on the coastal *Vatica mangachapoi* forest (Dipterocarpaceae) in Shimei Bay, Hainan Island, China. **Tropical Plants**, 2023, 2: 8 DOI: 10.48130/TP-2023-0008. (责任作者：唐亮)
7. Individual and combined effects of PSII herbicide prometryn and nitrate enrichment at environmentally relevant concentrations on photosynthesis, oxidative stress, and endosymbiont community diversity of coral *Acropora hyacinthus*. **Chemosphere**, 2023, 339, 139729 (责任作者：赵洪伟)
8. Synergistic/antagonistic effects of nitrate/ammonium enrichment on fatty acid biosynthesis and translocation in coral under heat stress. **Science of the Total Environment**, 2023, 876, 162834. (责任作者：赵洪伟)
9. Modeling nutrient flows from land to rivers and seas – A review and synthesis. **Marine Environmental Research**, 2023, 186, 105928. (责任作者：赵洪伟)
10. A microfluidic immunosensor based on magnetic separation for rapid detection of okadaic acid in marine shellfish. **Analytica Chimica Acta**, 1239, 340737. (责任作者：赵洪伟)



11. Ecological risk assessment of heavy metals in the sediments and their impacts on bacterial community structure: A case study of Bamen Bay in China. **Marine Pollution Bulletin**, 2023, 186, 114482. (责任作者: 赵洪伟)
12. Response of *Asplenium nidus* to Drought Stress and Roles of AVP1 Genes. **American Fern Journal**, 2023, 113(1):14–27. (责任作者: 徐诗涛)
13. 木棉文化的生物多样性传统知识及其传承与利用. **生物多样性**, 2023, 31(3), 22524. (责任作者: 向文倩, 王文娟, 任明迅)
14. 环南海区域红树物种多样性分布格局及其形成机制. **植物生态学报**, 2023, 47(8), 1105-1115 (责任作者: 任明迅)
15. 海南热带雨林国家公园高速公路穿越段的生态修复社会化参与方式. **自然保护地**, 2023, 3(1), 82-90. (责任作者: 姚小兰, LI Larry 李百炼, 任明迅)
16. 关于中国国家公园和国家自然保护区规划优化的建议. **科技导报**, 2023, 41(21), 14-20. (责任作者: 伍业钢, LI Larry 李百炼, 任明迅)
17. 附生维管植物生境营建作用的生态学功能. **植物生态学报**, 2023, 47(07):895-911. (责任作者: 张哲、任明迅)
18. 圆唇苣苔属(*Gyrocheilos*)花柱侧偏弯折现象及其传粉适应机制. **广西植物**, 2023, 43(05): 817-826. (责任作者: 任明迅)
19. 白木香 6 个不同种质的树干木材生理特性研究. **热带作物学报**, 2023, 44(04):746-756. (责任作者: 徐诗涛)
20. 不同样地白木香结香前后根际土壤细菌群落结构差异与土壤理化性质的相关性研究. **热带作物学报**. 接受发表. (责任作者: 徐诗涛)

#### ➤ 学术著作







1. 任明迅, 谭珂, 向文倩, 凌少军, 张哲. 2023. 东南亚植物地理. 科学出版社. (ISBN: 978-7-03-073850-9)



## 十、代表性论著首页

## Research Article

# Genome-wide RAD sequencing data suggest predominant role of vicariance in Sino-Japanese disjunction of the monotypic genus *Conandron* (Gesneriaceae)

Shao-Jun Ling<sup>1,2†</sup> , Xiao-Lan Yao<sup>1,2†</sup> , Juli Caujapé-Castells<sup>3</sup> , Jordi López-Pujol<sup>4,5</sup> , Ke Tan<sup>1,2\*</sup> , and Ming-Xun Ren<sup>1,2\*</sup> 

<sup>1</sup>Ministry of Education Key Laboratory for Genetics and Germplasm Innovation of Tropical Special Forest Trees and Ornamental Plants, Hainan University, Haikou 570228, China

<sup>2</sup>Center for Terrestrial Biodiversity of South China Sea, Hainan University, Haikou 570228, China

<sup>3</sup>The Jardín Botánico Canario “Viera y Clavijo”—UA CSIC (Cabildo de Gran Canaria), 35017 Las Palmas de Gran Canaria, Spain

<sup>4</sup>Botanic Institute of Barcelona (IBB), CSIC—Ajuntament de Barcelona, Barcelona 08038, Spain

<sup>5</sup>Escuela de Ciencias Ambientales, Universidad Espíritu Santo (UEES), Samborondón 091650, Ecuador

<sup>†</sup>These authors contributed equally to this study.

\*Authors for correspondence. Ke Tan. E-mail: tanke@hainanu.edu.cn; Ming-Xun Ren. E-mail: renmx@hainanu.edu.cn

Received 13 September 2022; Accepted 24 November 2022; Article first published online 16 December 2022

**Abstract** Disjunct distribution is a key issue in biogeography and ecology, but it is often difficult to determine the relative roles of dispersal vs. vicariance in disjunctions. We studied the phylogeographic pattern of the monotypic *Conandron ramondioides* (Gesneriaceae), which shows Sino-Japanese disjunctions, with ddRAD sequencing based on a comprehensive sampling of 11 populations from mainland China, Taiwan Island, and Japan. We found a very high degree of genetic differentiation among these three regions, with very limited gene flow and a clear Isolation by Distance pattern. Mainland China and Japan clades diverged first from a widespread ancestral population in the middle Miocene, followed by a later divergence between mainland China and Taiwan Island clades in the early Pliocene. Three current groups have survived in various glacial refugia during the Last Glacial Maximum, and experienced contraction and/or bottlenecks since their divergence during Quaternary glacial cycles, with strong niche divergence between mainland China + Japan and Taiwan Island ranges. Thus, we verified a predominant role of vicariance in the current disjunction of the monotypic genus *Conandron*. The sharp phylogenetic separation, ecological niche divergence among these three groups, and the great number of private alleles in all populations sampled indicated a considerable time of independent evolution, and suggests the need for a taxonomic survey to detect potentially overlooked taxa.

**Key words:** demography, ecological niche differences, isolation by distance, phylogeography, relict plant, species distribution model.

## 1 Introduction

Due to its vast extension, stretching from boreal to tropical ecosystems, East Asia is a key region for relict species/lineages that survived the Cenozoic climatic deterioration, and thus often presents complicated species distribution patterns, for example, disjunctions (Qiu et al., 2009, 2011; Qi et al., 2014; Tang et al., 2018). Traditionally, two alternative explanations have been proposed to explain species disjunct distributions (Tallis, 1991), that is long-distance dispersal across pre-existing geographical barriers, or the fragmentation of a widespread ancestral range (vicariance) by the formation of geographical barriers such as mountain uplifts and marine transgressions. The role of dispersal vs. vicariance has for decades fascinated scientists in the fields of biogeography and evolutionary ecology, but the relative

contribution of these diversification forces to current species geographic patterns is still debated, partly due to the elusiveness of extinction and the high numbers of biotic, abiotic and stochastic factors that overlap throughout the geological ontogeny of each region (Caujapé-Castells et al., 2017).

*Conandron ramondioides* Siebold & Zucc. is the only species of the genus *Conandron* Siebold & Zucc. (Gesneriaceae), with a disjunct distribution in mainland China (in four provinces: Anhui, Fujian, Jiangxi, and Zhejiang), Taiwan Island, and the Japanese islands (Honshu, Kyushu, Shikoku, and the Ryukyus) (Wang, 2004; Wang et al., 2010; Xiao et al., 2012). This monotypic genus is distinctive for its radially symmetrical corolla with four fertile stamens and cohesive anthers (Wang et al., 2010). The molecular data available indicate that *C. ramondioides* is a relict taxon that probably

## Opinion

## A proposed metric set for evaluation of genome assembly quality

Peng Wang<sup>1,\*,\*</sup> and Fei Wang<sup>2,\*</sup>

Quality control is essential for genome assemblies; however, a consensus has yet to be reached on what metrics should be adopted for the evaluation of assembly quality. N50 is widely used for contiguity measurement, but its effectiveness is constantly in question. Prevailing metrics for the completeness evaluation focus on gene space, yet challenging areas such as tandem repeats are commonly overlooked. Achieving correctness has become an indispensable dimension for quality control, while prevailing assembly releases lack scores reflecting this aspect. We propose a metric set with a set of statistic indexes for effective, comprehensive evaluation of assemblies and provide a score of a finished assembly for each metric, which can be utilized as a benchmark for achieving high-quality genome assemblies.

### Long-read sequencing and complete genomes offer opportunities to rethink assembly quality metrics

With the wide adoption of **long-read sequencing** (see [Glossary](#)) technologies, the quality of **genome assembly** has advanced considerably [1,2]. As a consequence, many recently released eukaryotic assemblies are considered to be of high quality (e.g., [3–7]). However, ‘high quality’, when used in reference to genome assemblies, is a subjective term, such that long-read sequencing and chromosome-level scaffolding alone cannot guarantee widely accepted quality [8,9]. This issue stems from the lack of a standard set of metrics adopted for the evaluation of assembly quality. Although metrics like **N50** have been widely used, a consensus has never been reached on the number and specification of metrics that should be adopted to benchmark the quality of a new *de novo* genome assembly.

Numerous efforts have been made to invent metrics and develop tools for the evaluation of assembly quality. While each serves a specific purpose, the metrics can be broken down into three dimensions: **contiguity**, **completeness**, and **correctness**, or in short, 3C criterion. To gauge contiguity, researchers have been using N50 and similar metrics, but their reliability has been questioned repeatedly. Regarding completeness, gene space has hitherto been the focus of attention [2], nevertheless, multiple studies have revealed that challenges of sequencing and assembly do not lie in gene space, but in **repetitive element** regions [10–12]. Correctness attracts the least attention and is often neglected, despite its significant relevance to genome quality. All these issues highlight the necessity to rethink the employment of metrics for the evaluation of genome assembly quality.

For quality control, a metric can be viewed as a diagnostic indicator. To measure genome assembly quality, each metric should have a value that can be obtained by evaluating a finished genome. Recent work revealed that long reads are sufficient to span complex repeats, enabling assembly

### Highlights

The lack of a consistent language highlights the value for consensus of the metric set for quality evaluation of genome assembly. We propose a metric set covering eight metrics to measure assembly quality.

N50 is not robust enough to measure assembly contiguity. We suggest the ratio of contig counting to chromosome pair number to compensate for the flaws of N50.

To assess completeness, the major challenge lies in tandem repeats, including centromeres, telomeres, and ribosomal loci. Also, organellar genomes should be concerned.

Correctness is frequently overlooked. To measure it, we suggest assessing both base-level and structural error.

Technologies are reaching adulthood to generate a finished eukaryotic assembly. We provide a score of a finished genome for each metric as a reference to measure assembly quality.

<sup>1</sup>Key Laboratory of Crop Gene Resources and Germplasm Enhancement in Southern China, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Institute of Tropical Crop Genetic Resources, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, No. 4 Xueyuan Rd, Haikou City, Hainan 571101, China

<sup>2</sup>School of Electrical and Electronic Engineering, Shanghai Institute of Technology, No. 100 Haiquan Rd, Shanghai 201416, China

\*Correspondence: [wp@southgene.org](mailto:wp@southgene.org), [pwang@catas.cn](mailto:pwang@catas.cn) (P. Wang), and [feiwang@sit.edu.cn](mailto:feiwang@sit.edu.cn) (F. Wang).  
©Twitter: @PengWan81668463 (P. Wang).





# A new species of *Hiptage* (Malpighiaceae) from northwest Yunnan (China) based on molecular and morphological data

Tong-Tong Zhang<sup>1\*</sup>, Shu-Yun Yang<sup>1\*</sup>, Ke Tan<sup>2</sup>, Ming-Xun Ren<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Key Laboratory of Genetics and Germplasm Innovation of Tropical Special Forest Trees and Ornamental Plants, Ministry of Education, Hainan University, Haikou 570228, China

<sup>2</sup> Guangxi Key Laboratory of Plant Conservation and Restoration Ecology in Karst Terrain, Guangxi Institute of Botany, Guangxi Zhuang Autonomous Region and Chinese Academy of Sciences, Guilin 541006, Guangxi, China

Corresponding authors: Ke Tan ([tank0507@126.com](mailto:tank0507@126.com)); Ming-Xun Ren ([renmx@hainanu.edu.cn](mailto:renmx@hainanu.edu.cn))

## Abstract

*Hiptage stenopterum* K.Tan & M.X.Ren, a new species of *Hiptage* collected from a deep valley close to the Nujiang Gorge, northwest of Yunnan Province, China, is described and illustrated based on molecular and morphological data. The new species was found isolated in an entrenched valley of the Laowo River, a tributary of the Nujiang River, at the northern edge of the distribution range of the genus. *H. stenopterum* shares some morphological similarities with the narrowly endemic *H. incurvatum* and *H. lushuiensis*. However, *H. stenopterum* is easily distinguished by its oblanceolate lateral wing of winged mericarp, 10 to 12 calyx glands, and branchlets densely rusty tomentose. The new species status is also supported by molecular phylogenetic analyses based on nuclear ribosome internal transcribed spacer (nrITS), which showed distinct systematic boundaries from the most morphologically similar species, *H. incurvatum* and their morphological relatives, *H. lushuiensis*.

**Key words:** flora of Yunnan, Hengduan Mountains, *Hiptage*, Malpighiaceae, taxonomy



Academic editor: Rafael F. Almeida

Received: 20 May 2023

Accepted: 22 August 2023

Published: 4 September 2023

Citation: Zhang T-T, Yang S-Y, Tan K, Ren M-X (2023) A new species of *Hiptage* (Malpighiaceae) from northwest Yunnan (China) based on molecular and morphological data. *PhytoKeys* 232: 45–57. <https://doi.org/10.3897/phytokeys.232.106675>

Copyright: © Tong-Tong Zhang et al.

This is an open access article distributed under terms of the Creative Commons Attribution License (Attribution 4.0 International – CC BY 4.0).

## Introduction

*Hiptage* Gaertn. (Gaertner 1791) is a large genus of Malpighiaceae, currently comprising ca. 40 species of woody shrubs or lianas growing at shrub forests or valleys on limestone hills or riverbanks of tropical Asia, such as Indo-China Peninsular, Malay Archipelago and Southern China (Sirirugsa 1991; Hô 1992; Srivastava 1992; Chen and Funston 2008; Ren 2015; Yang et al. 2018; Tan et al. 2019; Dong et al. 2020; Wei et al. 2022). *Hiptage* is derived from the Greek *hiptamai*, which means “to fly” and refers to its unique three-winged fruit. Such three-winged fruit means it is easily dispersed over long distances, explaining its widespread distribution in tropical Asia (Sirirugsa 1991; Srivastava 1992; Hô 1992; Chen and Funston 2008). Nonetheless, most species of this genus are narrow and endangered endemics, especially in the ravine and mountain peaks, such as *H. multiflora* F.N.Wei, *H. lushuiensis* S.P.Dong, K.Tan & M.X.Ren, and *H. incurvatum* K. Tan & M.X. Ren (Wei 2018; Tan et al. 2019; Dong et al. 2020). In recent years, five new species of *Hiptage* have been described. One species

\* The authors contributed equally to this paper.

# A new lithophilous species of Gesneriaceae, *Petrocodon rubrostriatus*, from the karst area of South Yunnan, China

Ke Tan<sup>1,2\*</sup>, Di-Ya Chen<sup>3\*</sup>, Xi-Qiang Song<sup>1,2</sup>, Ming-Xun Ren<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Key Laboratory of Genetics and Germplasm Innovation of Tropical Special Forest Trees and Ornamental Plants, Ministry of Education, Hainan University, Haikou 570228, China

<sup>2</sup> Center for Terrestrial Biodiversity of the South China Sea, Hainan University, Haikou 570228, China

<sup>3</sup> College of Tourism and Landscape Architecture, Guilin University of Technology, Guilin Guangxi 541006, China

Corresponding authors: Xi-Qiang Song ([songstrong@hainanu.edu.cn](mailto:songstrong@hainanu.edu.cn)); Ming-Xun Ren ([renmx@hainanu.edu.cn](mailto:renmx@hainanu.edu.cn))

## Abstract

A new lithophytic species of Gesneriaceae, *Petrocodon rubrostriatus* K.Tan, X.Q.Song & M.X.Ren, **sp. nov.** from Lvchun County, South Yunnan, China, is described and illustrated here. It closest resembles *P. mollifolius* (W.T.Wang) A.Weber & Mich.Möller, but the new species is differentiated from it by red to brownish-red stripes in the yellow corolla throat and 4.5 mm long bract lobes, a ca. 10 mm long style, and staminodes inserted at 2.5–3 mm from the corolla base. The species is preliminarily assessed as ‘Critically Endangered’ (CR) according to IUCN criteria, since currently only one single locality is known with a few subpopulations on a fragmented limestone cliff, with fewer than 300 individuals.

**Key words:** Didymocarpoideae, flora of Yunnan, limestone, new taxon



Academic editor: Michael Moeller

Received: 13 May 2023

Accepted: 3 August 2023

Published: 18 August 2023

**Citation:** Tan K, Chen D-Y, Song X-Q, Ren M-X (2023) A new lithophilous species of Gesneriaceae, *Petrocodon rubrostriatus*, from the karst area of South Yunnan, China. *PhytoKeys* 230: 289–299. <https://doi.org/10.3897/phytokeys.230.106358>

**Copyright:** © Ke Tan et al.


This is an open access article distributed under terms of the Creative Commons Attribution License (Attribution 4.0 International – CC BY 4.0).

## Introduction

*Petrocodon* Hance is a genus of lithophytic perennial herbs in the Gesneriaceae with currently 49 species and one variety (*P. dealbatus* var. *denticulatus*), mainly distributed in the limestone regions of southwestern China, and four species distributed on the northern Indo-China Peninsular (Huang et al. 2022; Yang et al. 2022; GRC 2023; POWO 2023; Zhang et al. 2023). Most species of *Petrocodon* are endemic to karst landscapes (Fan et al. 2020; Li et al. 2020 a, b), except for three species, *Petrocodon asterocalyx* F.Wen, Y.G.Wei & R.L.Zhang (Zhang et al. 2018), *P. chishuiensis* Z.B.Xin, F.Wen & S.B.Zhou (Xin et al. 2020), and *P. wui* F.Wen & R.B.Zhang (Zhang et al. 2023), which are distributed in Danxia landforms. After the revision based on molecular phylogenetic studies, several Chinese monotypic and small genera have been included in *Petrocodon*, such as *Calcareoboea* C.Y.Wu ex H.W.Li and *Lagarosolen* W.T.Wang (Weber et al. 2011), one species of *Wentsaiboea* D.Fang & D.H.Qin (Weber et al. 2011) and one species of *Primulina* Hance (Xu et al. 2014). *Petrocodon* is a genus with one of the highest diversity of floral traits in Chinese Gesneriaceae, which may have resulted from coevolution with their pollinators (Weber et al. 2011).

\* The authors contributed equally to this paper.

# Effects of habitat fragmentation on the coastal *Vatica mangachapoi* forest (Dipterocarpaceae) in Shimei Bay, Hainan Island, China

Jiyu Duan<sup>1</sup> , Haiying Wang<sup>1</sup> and Liang Tang<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup> College of Ecology and Environment, Hainan University, Haikou 570228, China

<sup>2</sup> Center for Eco-Environment Restoration Engineering of Hainan Province, Hainan University, Haikou 570228, China

\* Corresponding author, E-mail: [tangliang@hainanu.edu.cn](mailto:tangliang@hainanu.edu.cn)

## Abstract

Habitat fragmentation can cause isolation and decline of a formerly continuously distributed population, which leads to loss of genetic variation and increased risk of extinction. *Vatica mangachapoi* Blanco is a dominant tree species growing in the lowland rainforests of Hainan Island, China. Remarkably, this species dominates a coastal forest in Shimei Bay, Wanning City of Hainan Province (China). Due to logging, expansion of farmland and villages, and construction of tourism facilities, the coastal *V. mangachapoi*-dominated forest has become fragmented, threatening its future. To evaluate the effects of habitat fragmentation on this unique coastal forest, two *V. mangachapoi* populations (SM and RY) along the coast and one population in the lowland rainforest near the coast were selected, and their genetic diversity was assessed based on 12 SSR markers. In addition, the genetic structure of the three populations and gene flow among them, and the fine-scale spatial genetic structure (FSGS) of the SM population were also studied. The results show that the three *V. mangachapoi* populations had comparable levels of genetic variation, and differentiation among them is negligible ( $F_{st} = 0.008 \sim 0.013$ ). Model-based clustering, Principal co-ordinate analysis and the Neighbor-joining (NJ) methods consistently support a homogeneous genetic structure of the three populations, and strong gene flow was detected among them by MIGRATE analyses. Moreover, there is no significant FSGS in the SM population. A relatively short time since habitat fragmentation and gene flow mediated by seed dispersal might be the likely reasons for the high levels of genetic variation and an absence of genetic structure of the coastal *V. mangachapoi* populations. In conclusion, even though there are no significant effects of fragmentation on the coastal *V. mangachapoi* forest, strict protection is required to prevent further deforestation and fragmentation. Besides, saplings of *V. mangachapoi* should be planted in forest gaps to reconnect fragments of the coastal forest, which would be of benefit for the long-term survival of the tropical coastal *V. mangachapoi*-dominated forest.

**Citation:** Duan J, Wang H, Tang L. 2023. Effects of habitat fragmentation on the coastal *Vatica mangachapoi* forest (Dipterocarpaceae) in Shimei Bay, Hainan Island, China. *Tropical Plants* 2:8 <https://doi.org/10.48130/TP-2023-0008>

## Introduction

Trees from family Dipterocarpaceae serve an important ecosystem function in the rainforest community of Asian tropical forests, where 20%–50% of the canopy layer belong to this family<sup>[1]</sup>. With high-quality timber that has a high economic value, dipterocarp forests also form a major pillar of the global tropical timber trade<sup>[2]</sup>. Due to long-term over-harvesting and land use change, tropical rainforests have become severely fragmented, and a large number of dipterocarps are today listed as endangered species and are at risk of extinction<sup>[3]</sup>. As a result, ecosystem services of Asian tropical rainforests in which dipterocarps are the dominant species have been seriously impaired<sup>[4]</sup>. Therefore, conservation genetics studies focusing on Dipterocarpaceae are urgently needed<sup>[1]</sup>.

The tropical forests in Hainan Island, China are located at the northern edge of tropical Asia and are distinct from the typical tropical rainforests of Southeast Asia in terms of species composition, community structure and appearance as a consequence of the influence of the Asian monsoon<sup>[5]</sup>. Only three species of Dipterocarpaceae, *Hopea hainanensis* Merrill & Chun, *H. reticulata* Tardieu and *Vatica mangachapoi* Blanco can be found on this island. Although the species diversity of Dipterocarpaceae in Hainan Island has been greatly reduced as

compared to that in Southeast Asia, the three species, especially *V. mangachapoi* (Fig. 1), play a key role in community assembly and ecosystem functioning of the lowland rainforests of this island<sup>[5–7]</sup>. It is remarkable that *V. mangachapoi* has developed into a continuously distributed coastal forest growing on sand substrate with 25 kilometers-long and 400 to 500 meters-wide at Shimei Bay, Wanning City (China), which is estimated to be at least 4000 years old<sup>[8,9]</sup>. A study showed that soil moisture and organic matters of the sand substrate are much lower than those of normal tropical soils<sup>[10]</sup>. The formation of the coastal *V. mangachapoi*-dominated forest on barren and harsh sandy beach is unique and rare in itself, which could serve as an example to study the underlying physiological and genetical adaptation of *V. mangachapoi* to arid and poor substrate. In recent years, due to such factors as coastal development and village expansion, the area of the coastal *V. mangachapoi*-dominated forest in Shimei Bay has been reduced, and the formerly intact population has fragmented into several isolated patches. Coupled with the presence of forest gaps and fungal disease caused by human interference, the survival of the coastal *V. mangachapoi* is seriously threatened<sup>[9,11,12]</sup>. Conservation management is thus needed to protect this unique coastal forest dominated by *V. mangachapoi*.

Resource Article: Genomes Explored

# A chromosome-scale genome and transcriptomic analysis of the endangered tropical tree *Vatica mangachapoi* (Dipterocarpaceae)

Liang Tang<sup>1\*†</sup>, Xuezu Liao<sup>2†</sup>, Luke R. Tembrock<sup>3</sup>, Song Ge<sup>4</sup>, and Zhiqiang Wu<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Center for Terrestrial Biodiversity of the South China Sea, Hainan University, Haikou, Hainan 570228, China, <sup>2</sup>Shenzhen Branch, Guangdong Laboratory for Lingnan Modern Agriculture, Genome Analysis Laboratory of the Ministry of Agriculture, Agricultural Genomics Institute at Shenzhen, Shenzhen 518120, China, <sup>3</sup>Department of Agricultural Biology, Colorado State University, Fort Collins, CO 80523, USA, and <sup>4</sup>State Key Laboratory of Systematic and Evolutionary Botany, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China

\*To whom correspondence should be addressed. Email: ecotang@163.com (L.T.); wuzhiqiang@caas.cn (Z.W.)

†These authors equally contributed to this work.

Received 7 December 2021; Editorial decision 10 February 2022; Accepted 12 February 2022

## Abstract

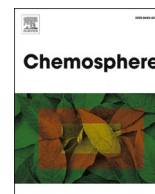
*Vatica mangachapoi* is a tropical tree species native to Southeast Asia. It has long been valued as a timber species because the wood resists decay, but it is now considered vulnerable to extinction due to habitat loss and overexploitation. Here, we present the first chromosome-level genome assembly of *V. mangachapoi* that we created by combining data from PacBio long read sequencing with Hi-C proximity ligation and Illumina short-read sequencing. The assembled genome was 456.21 Mb, containing 11 chromosomes and a BUSCO score of 93.4%. From the newly assembled genome, 46,811 protein-coding genes were predicted. Repetitive DNA accounted for 53% of the genome. Phylogenomic and gene family analyses showed that *V. mangachapoi* diverged from a common ancestor of *Gossypium raimondii* 70 million years ago. Transcriptome analyses found 227 genes that were differentially expressed in the leaves of plants grown in normal soil relative to plants grown in dry, coastal, sandy soil. For these genes, we identified three significantly enriched with GO terms: responses to organonitrogen compounds, chitin-triggered immunity, and wound response. This genome provides an important comparative benchmark not only for future conservation work on *V. mangachapoi* but also for phylogenomics work on Dipterocarpaceae.

**Key words:** dipterocarp forests, genome assembly, whole-genome duplication, tree genomics, conservation biology

## 1. Introduction

Dipterocarpaceae is a pantropically distributed family of trees known for producing high-value timber and for being a species of ecological importance, including ~500 species. Dipterocarpoideae is the largest and most diverse subfamily, comprising 13 genera and

accounting for over 90% of the species in the family.<sup>1</sup> Species of the Dipterocarpoideae provides the foundation on the establishment of ecosystems in tropical forests.<sup>2</sup> In Southeast Asian tropical forests, Asian dipterocarp forests provide a variety of ecosystem services, including global carbon balance, regional climate regulation, and



# Individual and combined effects of herbicide prometryn and nitrate enrichment at environmentally relevant concentrations on photosynthesis, oxidative stress, and endosymbiont community diversity of coral *Acropora hyacinthus*

Qiuli Li<sup>a,b,c,1</sup>, Dinghui Fu<sup>b,1</sup>, Yanyu Zhou<sup>a,c,1</sup>, Yuanchao Li<sup>d</sup>, Liang Chen<sup>b</sup>, Zhaofan Wang<sup>b</sup>, Yinglang Wan<sup>e</sup>, Zanhui Huang<sup>b,\*\*</sup>, Hongwei Zhao<sup>a,c,\*</sup>

<sup>a</sup> State Key Laboratory of Marine Resources Utilization in South China Sea, Hainan University, Haikou, 570228, China

<sup>b</sup> Haikou Marine Geological Survey Center, China Geological Survey, Haikou, 571127, China

<sup>c</sup> Key Laboratory of Agro-Forestry Environmental Processes and Ecological Regulation of Hainan Province & Center for Eco-Environment Restoration of Hainan Province, College of Ecology and Environment, Hainan University, Haikou, 570228, China

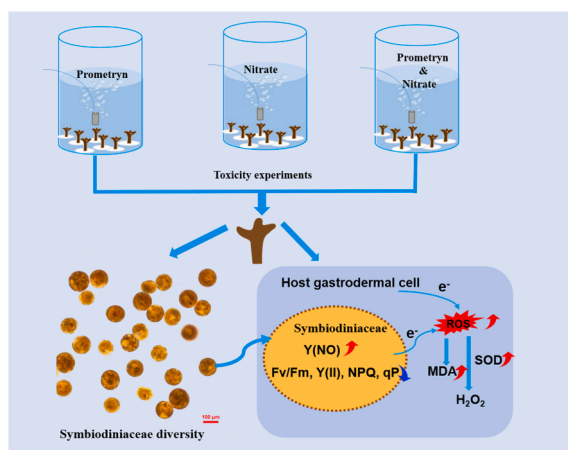
<sup>d</sup> Hainan Academy of Ocean and Fisheries Sciences, Haikou, 571126, China

<sup>e</sup> College of Tropical Crops, Hainan University, Haikou, 570228, China

## HIGHLIGHTS

- Prometryn and nitrate stress alone would impair the health of corals.
- Combined stress is more harmful to photosystems and antioxidation of corals.
- Prometryn exposure increases the oxidative stress induced by nitrate enrichment.

## GRAPHICAL ABSTRACT



## ARTICLE INFO

Handling Editor: Marisa Passos

## ABSTRACT

Nitrogen pollution and pesticides such as photosystem II (PSII) inhibitor herbicides have several detrimental impacts on coral reefs, including breakdown of the symbiosis between host corals and photosynthetic symbionts.

\* Corresponding author. State Key Laboratory of Marine Resources Utilization in South China Sea, Hainan University, Haikou, 570228, China.

\*\* Corresponding author.

E-mail addresses: [huangzanhui@gmail.com](mailto:huangzanhui@gmail.com) (Z. Huang), [hwzhao@hainanu.edu.cn](mailto:hwzhao@hainanu.edu.cn) (H. Zhao).

<sup>1</sup> These authors contribute equally to this paper.

<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.139729>

Received 18 November 2022; Received in revised form 30 April 2023; Accepted 2 August 2023

Available online 3 August 2023

0045-6535/© 2023 Elsevier Ltd. All rights reserved.



## Synergistic/antagonistic effects of nitrate/ammonium enrichment on fatty acid biosynthesis and translocation in coral under heat stress



Jingjing Zhang<sup>a,b,c,1</sup>, Zanhui Huang<sup>b,1</sup>, Yuanchao Li<sup>d,1</sup>, Dinghui Fu<sup>b</sup>, Qipei Li<sup>c</sup>, Lixin Pei<sup>b</sup>, Yanwei Song<sup>b</sup>, Liang Chen<sup>b</sup>, Hongwei Zhao<sup>a,c,\*</sup>, Shuh-Ji Kao<sup>a,e</sup>

<sup>a</sup> State Key Laboratory of Marine Resources Utilization in South China Sea, Hainan University, Haikou 570228, China

<sup>b</sup> Haikou Marine Geological Survey Center, China Geological Survey, Haikou 571127, China

<sup>c</sup> Key Laboratory of Agro-Forestry Environmental Processes and Ecological Regulation of Hainan Province, Center for Eco-Environment Restoration of Hainan Province, College of Ecology and Environment, Hainan University, Haikou 570228, China

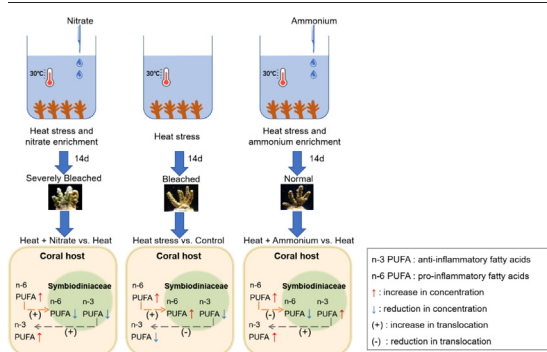
<sup>d</sup> Hainan Academy of Marine and Fishery Sciences, Haikou 571126, China

<sup>e</sup> State Key Laboratory of Marine Environmental Science, Xiamen University, Xiamen 361101, China

### HIGHLIGHTS

- Coral's fatty acids showed opposite responses to  $\text{NO}_3^-$  and  $\text{NH}_4^+$  under heat stress.
- $\text{NH}_4^+$  promotes anti-inflammatory fatty acids biosynthesis in Symbiodiniaceae.
- $\text{NO}_3^-$  promotes pro-inflammatory FA biosynthesis in coral.
- $\text{NH}_4^+$  is antidotal but  $\text{NO}_3^-$  is toxic for corals under heat stress.

### GRAPHICAL ABSTRACT



### ARTICLE INFO

Editor: Julian Blasco

#### Keywords:

Coral  
Symbiodiniaceae  
Global warming  
Nitrogen enrichment  
Fatty acid synthesis  
Fatty acid translocation

### ABSTRACT

Superimposed on ocean warming, nitrogen enrichment caused by human activity puts corals under even greater pressure. Biosynthesis of fatty acids (FA) is crucial for coral holobiont survival. However, the responses of FA biosynthesis pathways to nitrogen enrichment under heat stress in coral hosts and Symbiodiniaceae remain unknown, as do FA translocation mechanisms in corals. Herein, we used the thermosensitive coral species *Acropora hyacinthus* to investigate changes in FA biosynthesis pathways and polyunsaturated FA translocation of coral hosts and Symbiodiniaceae with respect to nitrate and ammonium enrichment under heat stress. Heat stress promoted pro-inflammatory FA biosynthesis in coral hosts and inhibited FA biosynthesis in Symbiodiniaceae. Nitrate enrichment inhibited anti-inflammatory FA biosynthesis in Symbiodiniaceae, and promoted pro-inflammatory FA biosynthesis in coral hosts and translocation to Symbiodiniaceae, leading to bleaching after 14 days of culture. Intriguingly, ammonium enrichment promoted anti-inflammatory FA biosynthesis in Symbiodiniaceae and translocation to hosts, allowing corals to better endure heat stress. We constructed schematic diagrams of the shift in FA biosynthesis and translocation in and between *A. hyacinthus* and its Symbiodiniaceae under heat stress, heat and nitrate co-stress, and heat and ammonium co-stress. The findings provide insight into the mechanisms of coral bleaching under environmental stress from a fatty acid perspective.

\* Corresponding author at: State Key Laboratory of Marine Resources Utilization in South China Sea, Hainan University, Haikou 570228, China.

E-mail address: [hwzhao@hainanu.edu.cn](mailto:hwzhao@hainanu.edu.cn) (H. Zhao).

<sup>1</sup> These authors contribute equally to this paper.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162834>

Received 16 December 2022; Received in revised form 2 March 2023; Accepted 9 March 2023

Available online 15 March 2023

0048-9697/© 2023 Elsevier B.V. All rights reserved.



## Modeling nutrient flows from land to rivers and seas – A review and synthesis

Xiaoyang Shan<sup>a,b,c,1</sup>, Zhiqiang Zhu<sup>c,1</sup>, Jiyong Ma<sup>a,b,1</sup>, Dinghui Fu<sup>d</sup>, Yanwei Song<sup>d</sup>, Qiwei Li<sup>b</sup>, Zanhui Huang<sup>d,\*\*</sup>, Lixin Pei<sup>d,\*\*\*</sup>, Hongwei Zhao<sup>a,b,\*</sup>

<sup>a</sup> State Key Laboratory of Marine Resources Utilization in South China Sea, Hainan University, Haikou, 570228, China

<sup>b</sup> Center for Eco-Environment Restoration of Hainan Province & Key Laboratory of A&F Environmental Processes and Ecological Regulation of Hainan Province, College of Environment and Ecology, Hainan University, Haikou, 570228, China

<sup>c</sup> College of Tropical Crops, Hainan University, Haikou, 570228, China

<sup>d</sup> Haikou Research Center for Marine Geology, China Geological Survey, Haikou, 570312, China

### ARTICLE INFO

#### Keywords:

Nutrient  
Nitrogen  
Phosphorus  
Water quality modeling  
Non-point source pollution

### ABSTRACT

Water quality modeling facilitates management of nutrient flows from land to rivers and seas, in addition to environmental pollution management in watersheds. In the present paper, we review advances made in the development of seven water quality models and highlight their respective strengths and weaknesses. Afterward, we propose their future development directions, with distinct characteristics for different scenarios. We also discuss the practical problems that such models address in the same region, China, and summarize their different characteristics based on their performance. We focus on the temporal and geographical scales of the models, sources of pollution considered, and the main problems that can be addressed. Summary of such characteristics could facilitate the selection of appropriate models for resolving practical challenges on nutrient pollution in the corresponding scenarios globally by stakeholders. We also make recommendations for model enhancement to expand their capabilities.

### 1. Introduction

Water environment challenges threaten global sustainable development. The United Nations put forward 17 Sustainable Development Goals (SDGs), of which SDG 6 (clean water and sanitation) and SDG 14 (life below water) are linked to the water environment and its management (Pradhan et al., 2017; Nilsson et al., 2018). In addition, there are 319 interactions between the SDGs related to the water environment (SDG 6 and SDG 14) and other SDGs (Alcamo, 2019; Flörke et al., 2019; Wang et al., 2022). Due to rapid population growth and economic development and increased human activity over the years, the input of nutrients (nitrogen [N]/ phosphorus[P]) into rivers and seas has increased (Seitzinger et al., 2010; Holden and Otsuka, 2014; Amin et al., 2017), accelerating eutrophication, which is associated with hypoxia,

biodiversity reduction, and harmful algal blooms (HABs) (Garnier and Billen, 2007; Howarth et al., 2011; Binzer et al., 2016; Wurtsbaugh et al., 2019). Consequently, it is critical to address the water environment challenges as soon as possible for sustainable development.

Researchers have developed several models for evaluating nutrient flows from land to rivers and seas, including Global Nutrient Export from WaterSheds (Global NEWS), Model to Assess River Inputs of Nutrients to seAs (MARINA), IMAGE-Global Nutrient Model (IMAGE-GNM), SPATIally Referenced Regressions On Watershed attributes (SPARROW), HYdrological Predictions for the Environment (HYPE), Hydrological Simulation Program-Fortran (HSPF), and Soil and Water Assessment Tool (SWAT) (Table 1). These models can be used to simulate shifting water quality trends under different land use and climate conditions. The models also facilitate the study of changes in aquatic

\* Corresponding author. State Key Laboratory of Marine Resources Utilization in South China Sea, Hainan University, Haikou, 570228, China.

\*\* Corresponding author.

\*\*\* Corresponding author.

E-mail addresses: [shanxiaoyang1998@163.com](mailto:shanxiaoyang1998@163.com) (X. Shan), [zqzhu@hainanu.edu.cn](mailto:zqzhu@hainanu.edu.cn) (Z. Zhu), [jyma1996@163.com](mailto:jyma1996@163.com) (J. Ma), [1303001597@qq.com](mailto:1303001597@qq.com) (D. Fu), [songyanwei@mail.cgs.gov.cn](mailto:songyanwei@mail.cgs.gov.cn) (Y. Song), [qiwei.li@hainanu.edu.cn](mailto:qiwei.li@hainanu.edu.cn) (Q. Li), [huangzanhui@mail.cgs.gov.cn](mailto:huangzanhui@mail.cgs.gov.cn) (Z. Huang), [peilixin1983@163.com](mailto:peilixin1983@163.com) (L. Pei), [hwzhao@hainanu.edu.cn](mailto:hwzhao@hainanu.edu.cn) (H. Zhao).

<sup>1</sup> These authors contributed equally to this work.

<https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2023.105928>

Received 11 January 2023; Received in revised form 19 February 2023; Accepted 20 February 2023

Available online 21 February 2023

0141-1136/© 2023 Elsevier Ltd. All rights reserved.



## A microfluidic immunosensor based on magnetic separation for rapid detection of okadaic acid in marine shellfish

Yuxiang Ji<sup>a,b,1</sup>, Gaozhe Cai<sup>c,1</sup>, Cheng Liang<sup>a</sup>, Zehang Gao<sup>c,d</sup>, Weimin Lin<sup>c,e</sup>, Zizhen Ming<sup>f</sup>, Shilun Feng<sup>c,\*\*</sup>, Hongwei Zhao<sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup> State Key Laboratory of Marine Resources Utilization in South China Sea and Center for Eco-Environment Restoration of Hainan Province, Hainan University, Haikou, 570228, China

<sup>b</sup> Key Laboratory of Tropical Translational Medicine of Ministry of Education, NHC Key Laboratory of Tropical Disease Control, School of Tropical Medicine, Hainan Medical University, Haikou, 571199, China

<sup>c</sup> State Key Laboratory of Transducer Technology, Shanghai Institute of Microsystem and Information Technology, Chinese Academy of Sciences, Shanghai, 200050, China

<sup>d</sup> Department of Clinical Laboratory, Third Affiliated Hospital of Guangzhou Medical University, Guangdong, 510150, China

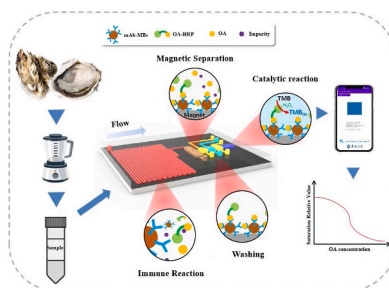
<sup>e</sup> Key Laboratory of Optoelectronic Science and Technology for Medicine of Ministry of Education, Fujian Normal University, Fuzhou, 350007, China

<sup>f</sup> Shanghai Institute of Immunology, Department of Immunology and Microbiology, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai, 200025, China

### HIGHLIGHTS

- A novel microfluidic immunosensor against okadaic acid (OA) was developed.
- The method achieves on-site detection results within 1 h with a limit of detection of 0.49 ng/mL.
- Smartphone imaging was used to realize the rapid detection of OA in shellfish.

### GRAPHICAL ABSTRACT



### ARTICLE INFO

Handling Editor: Dr. J.P. Landers

**Keywords:**  
Okadaic acid  
Microfluidic immunosensor  
Smart phone imaging  
Shellfish  
Marine biotoxins

### ABSTRACT

Okadaic acid (OA) is a marine biotoxin that accumulates in seafood and can cause diarrhetic shellfish poisoning if consumed. Accordingly, many countries have established regulatory limits for the content of OA in shellfish. At present, methods used for the detection of marine toxins are time-consuming and labor-intensive. In order to realize rapid, simple, and accurate detection of OA, we developed a novel microfluidic immunosensor based on magnetic beads modified with a highly specific and sensitive monoclonal antibody (mAb) against OA that is used in conjunction with smartphone imaging to realize the rapid detection of OA in shellfish. The method achieves on-site detection results within 1 h with an  $IC_{50}$  value of 3.30 ng/mL for OA and a limit of detection (LOD) of 0.49 ng/mL. In addition, the analysis of real samples showed that the recoveries for spiked shellfish samples ranged from 84.91% to 95.18%, and the results were confirmed by indirect competitive enzyme-linked immunosorbent assay (icELISA), indicating that the method has good accuracy and precision. Furthermore, the results

\* Corresponding author.

\*\* Corresponding author.

E-mail addresses: [shilun.feng@mail.sim.ac.cn](mailto:shilun.feng@mail.sim.ac.cn) (S. Feng), [hwzhao@hainanu.edu.cn](mailto:hwzhao@hainanu.edu.cn) (H. Zhao).

<sup>1</sup> The authors Y. Ji and G. Cai contributed equally to this work.

<https://doi.org/10.1016/j.aca.2022.340737>

Received 1 October 2022; Received in revised form 18 December 2022; Accepted 20 December 2022

Available online 21 December 2022

0003-2670/© 2022 Elsevier B.V. All rights reserved.





## Ecological risk assessment of heavy metals in the sediments and their impacts on bacterial community structure: A case study of Bamen Bay in China

Qipei Li<sup>a,b,c,1</sup>, Lixin Pei<sup>d,1</sup>, Zanhui Huang<sup>d</sup>, Wei Shu<sup>a,c</sup>, Qiuli Li<sup>a</sup>, Yanwei Song<sup>d,\*</sup>, Hongwei Zhao<sup>a,c,\*\*</sup>, Marvin Schäfer<sup>e,2</sup>, Inga Nordhaus<sup>e</sup>

<sup>a</sup> State Key Laboratory of Marine Resources Utilization in South China Sea, Hainan University, Haikou 570228, China

<sup>b</sup> Key Laboratory of Agro-Forestry Environmental Processes and Ecological Regulation of Hainan Province, Hainan University, Haikou 570228, China

<sup>c</sup> Center for Eco-Environment Restoration of Hainan Province, School of Ecology and Environment, Hainan University, Haikou 570228, China

<sup>d</sup> Haikou Marine Geological Survey Center, China Geological Survey, Haikou 571127, China

<sup>e</sup> Leibniz Centre for Tropical Marine Research (ZMT), Bremen 28359, Germany

### ARTICLE INFO

#### Keywords:

Heavy metals  
Sediments  
Microbial community structure  
Tropical bays  
16S rRNA sequencing

### ABSTRACT

Heavy metal pollution associated with human activity is of big concern in tropical bays. Microorganisms may be highly sensitive to heavy metals. Nonetheless, little is known about effects of heavy metals on microbial structure in tropical bay sediments. In this study, 16S rRNA gene sequencing and potential ecological risk index analysis were used to analyze the relationships between nine metals (arsenic, lead, cadmium, cobalt, chromium, copper, zinc, manganese, and nickel) and bacterial communities in the sediments of Bamen Bay, China. Our results showed that Bamen Bay was under a considerable ecological risk and cadmium had the highest monomial potential ecological risk. In addition, individual metal contamination correlated with bacterial community composition but not with bacterial  $\alpha$ -diversity. Arsenic was the metal influencing bacterial community structure the most. Our findings provide a novel insight into the monitoring and remediation of heavy metal pollution in tropical bays.

### 1. Introduction

To date, bays have been major hubs of sea and land transportation, industrial bases, and major urban centers. At the same time, they provide unique natural conditions and numerous ecological features making them critical ecosystems for a large variety of marine species (Pan and Wang, 2012). Heavy metal pollution has become a major environmental issue in bays due to intensive human activities. For example, heavy metal pollution was reported to be severe in Bohai Bay (Feng et al., 2011), Jinzhou Bay (Li et al., 2014), Jiaozhou Bay (Liang et al., 2018), and Xiangshan Bay (Zhao et al., 2018) in China, respectively. Bays comprise isolated ecosystems. When land-based pollutants enter bays, they are deposited in the seabed sediments through complex

physical and chemical processes, which can ultimately alter the microbial community compositions in sediments and their function (Müller et al., 2001; Kaci et al., 2016). Microbial communities in marine sediments can break down organic matters of plant litter and participate in the transformation of pollutants (Smith and Hollibaugh, 1993; Benoit et al., 2003).

Several studies have investigated the effects of heavy metals on microbes in temperate bay sediments over the last ten years. For example, Yao et al. (2017) observed that heavy metals strongly influenced bacterial community composition in the sediments of Jiaozhou Bay, China. In addition, copper (Cu) input significantly reduced the number of cultivable bacteria in Jiaozhou Bay sediments, considerably decreasing carbon utilizing ability and bacterial functional diversity (Zhao et al.,

\* Corresponding author.

\*\* Correspondence to: H. Zhao, Center for Eco-Environment Restoration of Hainan Province, School of Ecology and Environment, Hainan University, Haikou 570228, China.

E-mail addresses: [songyanwei@mail.cgs.gov.cn](mailto:songyanwei@mail.cgs.gov.cn) (Y. Song), [hwzhao@hainanu.edu.cn](mailto:hwzhao@hainanu.edu.cn) (H. Zhao).

<sup>1</sup> These authors contribute equally to this paper.

<sup>2</sup> Current address: Leibniz Institute for Evolution and Biodiversity Science - Museum für Naturkunde Berlin, Invalidenstraße 43, 10115 Berlin - Germany.



•综述•

# 木棉文化的生物多样性传统知识及其传承与利用

向文倩<sup>1,2</sup>, 王文娟<sup>1,2\*</sup>, 任明迅<sup>1,2\*</sup>

1. 热带特色林木花卉遗传与种质创新教育部重点实验室, 海南大学, 海口 570228; 2. 海南大学环南海陆域生物多样性研究中心, 海口 570228

**摘要:** 传统文化往往蕴藏着丰富的自然保护和资源循环利用知识, 对当代生物多样性保护和生态文明建设具有借鉴作用。木棉(*Bombax ceiba*)是全球热带与亚热带地区常见的高大乔木, 树姿挺拔、花大可食、果实纤维可织, 很早就为人们所认识和利用, 在全球范围形成了丰富的资源利用方式与文化。中美洲及澳大利亚的木棉主要用于独木舟和雕刻材料, 而亚洲地区的木棉经济利用方法多样, 并具有更加突出的文化寓意, 是越南、缅甸、印度以及中国南方地区的“文化关键种”。这也使得亚洲地区的木棉古树(> 100年)远多于其他地区。中国的木棉文化历史悠久, 在《山海经》及三星堆出土的文物中都能找到木棉的形象。木棉极高的经济价值及其文化属性, 使得亚洲地区的村头田边通常分布着木棉“风水林”。在中国岭南地区、越南、孟加拉国等传统水稻种植区, 木棉常被保留和栽种在稻田间, 形成了亚洲特有的木棉-稻田农林复合体系, 蕴藏着丰富的资源循环利用理念及生物多样性保护意识。这一传统的农林复合种植模式可望申报中国重要农业文化遗产, 但尚待深入研究揭示其农业文化内涵与科学基础。未来利用现代科技手段, 揭示木棉文化及其传统生物多样性知识的生态学基础, 将对当代热带特色高效农业、乡村振兴及生态文明建设等具有积极意义。

**关键词:** 植物文化; 生物文化多样性; 民族植物学; 生态文明

向文倩, 王文娟, 任明迅 (2023) 木棉文化的生物多样性传统知识及其传承与利用. 生物多样性, 31, 22524. doi: 10.17520/biods.2022524.

Xiang WQ, Wang WJ, Ren MX (2023) Traditional biodiversity knowledge in *Bombax ceiba* cultures: Inheritance and utilization. Biodiversity Science, 31, 22524. doi: 10.17520/biods.2022524.

## Traditional biodiversity knowledge in *Bombax ceiba* cultures: Inheritance and utilization

Wenqian Xiang<sup>1,2</sup>, Wenjuan Wang<sup>1,2\*</sup>, Mingxun Ren<sup>1,2\*</sup>

1 Ministry of Education Key Laboratory of Genetics and Germplasm Innovation of Tropical Special Forest Trees and Ornamental Plants, Hainan University, Haikou 570228

2 Center for Terrestrial Biodiversity of the South China Sea, Hainan University, Haikou 570228

### ABSTRACT

**Background & Aims:** Traditional cultures typically harbor some knowledge and skills on sustainably using and protecting natural resources, which is helpful in modern biodiversity conservation and ecological civilization construction. *Bombax ceiba* is a common tall tree in tropical and subtropical regions. The tall and straight trunk, big, red flowers, and the fruit fiber of *B. ceiba* that can be spun make people know and use *B. ceiba* for a long time, has caused the nearby civilizations to learn how to utilize the tree, and form a rich culture surrounding the tree.

**Progress:** In Central America and Australia, *B. ceiba* is mainly used for canoes and carving, while in Asia this unusual tree is of much more importance in utilizations and has become ‘Cultural Keystone Species’ in India, Vietnam, Myanmar and South China, and as a consequence, more ancient trees (> 100 years) of *B. ceiba* can be found in Asia than other regions. In China, *B. ceiba* cultures have a long history and can be traced back to Xia and Shang Dynasty since *B. ceiba* characters is found in *SHAN HAI JING* and the Sanxingdui Ruins. Due to its high economical use and cultural importance, *B. ceiba* is always the dominant tree in ‘Fengshui forest’ near villages and farmlands, with some rare species and native vegetation. In Vietnam, Bangladesh, and South China where rice is widely planted long time

收稿日期: 2022-09-13; 接受日期: 2022-11-06

基金项目: 国家自然科学基金(41871041)和中国工程科技发展战略海南研究院咨询研究项目(20-HN-ZT-02)

\* 共同通讯作者 Co-authors for correspondence. E-mail: wangwj0618@163.com; renmx@hainanu.edu.cn

# 环南海区域红树物种多样性分布格局及其形成机制

杨鑫 任明迅\*

海南省农林环境过程与生态调控重点实验室, 海南大学, 海南大学环南海陆域生物多样性研究中心, 海口 570228

**摘要** 环南海区域是围绕中国南海的陆地形成的相对独立的半封闭地理单元, 分为华南沿海、台湾岛、海南岛、中南半岛、马来半岛、加里曼丹岛(婆罗洲)、巴拉望岛、吕宋岛等8个地区。环南海区域是全球红树植物分布最集中的区域之一。为了揭示红树物种在环南海区域的地理分布格局及其形成原因, 该研究通过文献和网站等确定环南海区域及全球主要红树分布区的物种分布点, 并用ArcGIS绘制分布图; 利用DIVA-GIS 7.5.0构建红树科、锦葵科、海桑属(*Sonneratia*)、海榄雌属(*Avicennia*)等4个典型红树植物类群的 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 物种多样性分布格局。红树物种的迁移历史及路线主要通过ISI Web of Science查找文献, 通过文献整合揭示环南海区域红树物种的迁移规律及主要影响因素。主要结果有: (1)环南海区域分布有真红树39种、半红树14种, 红树物种数量仅次于邻近的大洋洲及新几内亚, 远高于全球其他区域; 环南海区域的马来半岛和加里曼丹岛红树物种多样性最高, 其次是中南半岛、海南岛和吕宋岛, 巴拉望岛红树物种多样性最低。(2)环南海区域红树物种都是广布种, 这可能是因为南海在夏季和冬季具有完全不同的洋流方向和季风方向, 促进了红树植物在环南海区域的长距离扩散。(3)南海北部和南部的洋流存在一定的内循环, 导致海漆(*Excoecaria agallocha*)、蜡烛果(*Aegiceras corniculatum*)和榄李(*Lumnitzera racemosa*)等真红树物种在中南半岛金兰湾、巴拉望岛北端连线的两侧出现了相对隔离的遗传谱系。(4)南海海平面在更新世曾下降了120 m左右, 深刻影响了环南海区域红树植物的分布格局及迁移路线。建议未来的研究利用现代分子生物学技术解析整个环南海区域的代表性红树类群的谱系地理学格局, 以揭示该区域红树植物演化历史及其在全球气候变化影响下的变迁趋势。

**关键词** 物种多样性; 长距离迁移; 洋流; 季风; 物种分化

杨鑫, 任明迅 (2023). 环南海区域红树物种多样性分布格局及其形成机制. 植物生态学报, 47, 1105-1115. DOI: 10.17521/cjpe.2022.0366

## Species distribution pattern and formation mechanism of mangrove plants around the South China Sea

YANG Xin and REN Ming-Xun\*

Key Laboratory of Agro-Forestry Environmental Processes and Ecological Regulation of Hainan Province, Center for Terrestrial Biodiversity of the South China Sea, Hainan University, Haikou 570228, China

### Abstract

**Aims** The region around the South China Sea is a relatively independent semi closed geographical unit, which can be divided into eight areas, including the coast of South China, Hainan Island, Taiwan Island, Indo-China Peninsula, Malay Peninsula, Kalimantan Island, Palawan Island, and Luzon Island. The region around the South China Sea is one of the regions with the most concentrated distribution of mangrove plants in the world. This study aims to explore the geographical distribution pattern and the underlying mechanisms of mangrove species in the eight regions around the South China Sea.

**Methods** Species richness and distribution of mangrove in the region around the South China Sea and other regions worldwide were obtained through extensive literature survey and mapped with ArcGIS. Species distribution map with  $1^{\circ} \times 1^{\circ}$  grid of four typical mangrove taxa, i.e. Rhizophoraceae, Malvaceae, *Sonneratia*, *Avicennia*, were drawn by DIVA-GIS 7.5.0. The migration history and route and its main influencing factors were explored through literature survey in ISI Web of Science.

**Important findings** (1) There are 39 species of true mangroves and 14 species of semi-mangroves distributed in this region, mostly distributed in Malay Peninsula, Kalimantan Island, Hainan Island, Indo-China Peninsula,

收稿日期Received: 2022-09-09 接受日期Accepted: 2022-09-28

基金项目: 海南省重大科技计划项目(ZDKJ202008-1-2)和国家自然科学基金(41871041)。Supported by the Key Science and Technology Program of Hainan Province (ZDKJ202008-1-2) and the National Natural Science Foundation of China (41871041).

\* 通信作者Corresponding author (renmx@hainanu.edu.cn)

DOI: 10.12335/2096-8981.2022083004

## 海南热带雨林国家公园高速公路穿越段的生态修复 社会化参与方式

姚小兰<sup>1,2</sup> LI Larry<sup>3</sup> 任明迅<sup>1,2\*</sup>

(1. 海南省农林环境过程与生态调控重点实验室, 海南大学, 海口 570228; 2. 海南省热带生态环境修复工程研究中心, 海南大学, 海口 570228; 3. 美国加利福尼亚大学河滨分校自然与农业科学学院, 美国河滨 CA 92521)

**摘要:** 海南热带雨林国家公园是我国首批5个国家公园之一, 也是唯一分布有高速公路的国家公园。高速公路穿越段地处乡村, 地形与景观复杂, 需要当地社会化参与, 才能顺利开展长期监测和全面的生态修复, 有效防控道路带来的景观破碎化和环境污染等问题。本文通过文献资料、野外实验和实地调研, 研究发现海南热带雨林国家公园的高速公路穿越段稍有景观破碎化、生境隔离和生态环境质量下降等环境问题, 以及该区域以黎族、苗族等少数民族为主的常住人口传统生产生活方式与国家公园建设发展不平衡等社会现状。在此基础上, 建议建立政府主导和社会共同参与的生态修复机制, 鼓励引导社会组织、专家学者和企业等以志愿服务、科学研究、资本参与等形式, 在高速公路穿越段的关键区域(如河流与农田附近)修建收集道路径流的沉淀池与人工湿地, 降低道路径流对周边带来的重金属与富营养化污染; 增设高架林地与下穿涵洞等生态廊道, 提升高速公路两侧生态系统的完整性与景观连续性。同时, 借助高速公路的交通便捷等优点, 挖掘高速公路穿越段的黎苗传统文化, 整合纳入周边景区的规划, 发展生态旅游和研学教育, 提高公众生态保护意识。社会化参与的生态修复能够有效组织、发动当地社区和社会力量参与生态修复, 实现可持续的环境治理, 以期促进乡村振兴、国家公园与生态文明的协调发展。

**关键词:** 生态修复; 社区参与; 国家公园; 热带雨林景观; 生态系统完整性; 海南

**中图分类号:** X36 **文献标志码:** A **文章编号:** 2096-8981(2023)01-0082-09

姚小兰, LI Larry, 任明迅. 海南热带雨林国家公园高速公路穿越段的生态修复社会化参与方式 [J]. 自然保护地, 2023, 3(1): 82-90.  
YAO Xiaolan, LI Larry, REN Mingxun. Ecological Restoration with Local Community Participation in the Expressway-Crossing Regions of National Park of Hainan Tropical Rainforest[J]. Natural Protected Areas, 2023, 3(1): 82-90.

国家公园是我国自然保护地体系的主体, 保护着我国自然生态系统最重要、自然景观最独特、自然遗产最精华、生物多样性最富集的区域<sup>[1-2]</sup>。对国家公园进行生态修复能够有效保护和恢复其生物多样性, 维持其生态系统原真性和完整性, 从而实现了对区域生态环境问题的有效控制和持续

改善, 促进区域生态安全良好格局的构建, 推进我国生态文明建设<sup>[3]</sup>。

中国的国家公园建设注重严格的生态保护和共建共享<sup>[4-5]</sup>。2017年9月, 中共中央办公厅、国务院办公厅印发的《建立国家公园体制总体方案》<sup>[6]</sup>, 明确提出建立以国家公园“国家主导, 共

收稿日期: 2022-08-30; 修回日期: 2022-12-02

基金项目: 海南省院士创新平台科研专项 (YSPTZX202015); 中国工程科技发展战略海南研究院咨询研究项目 (20-HN-ZT-02)

\* 通讯作者 Corresponding author, E-mail: renmx@hainanu.edu.cn

# 关于中国国家公园和国家自然保护区规划优化的建议

王琼<sup>1</sup>, 伍业钢<sup>2</sup>, 任明迅<sup>3</sup>, 李百炼<sup>4\*</sup>

1. 长江大学艺术学院, 荆州 434022

2. 美国伊科集团, 玛丽维尔 TN 37801

3. 海南大学生态与环境学院, 海口 570228

4. 美国加利福尼亚大学(河滨)生态复杂性及其建模实验室, 河滨 CA 92521-0124

**摘要** 中国正在大力建设以国家公园为主体的自然保护区体系, 然而, 对于国家公园与国家自然保护区的保护力度与国际做法相反。对比分析了中、美两国在国家公园、国家自然保护区方面的差别, 指出了中国在国家公园、国家自然保护区这两者概念认识与管理中存在的混乱, 并提出了相应的建议。

**关键词** 国家公园; 国家自然保护区; 自然公园; 生物多样性; 景观多样性; 自然生态系统

在当前建设生态文明和人类命运共同体的背景下, 中国正在大力推进以国家公园为主体、自然保护区为基础、其他各类自然公园为补充的自然保护地体系<sup>[1]</sup>。《建立国家公园体制总体方案》中指出, 国家公园是由国家批准设立并主导管理, 边界清晰, 以保护具有国家代表性的大面积自然生态系统为主要目的, 实现自然资源科学保护和合理利用的特定陆地或海洋区域, 保护着中国生态系统最重要、自然景观最独特、自然遗产最精华、生物多样性最富集的区域; 特别强调自然生态系统的完整性与原真性的保护, 保护等级远大于“国家自然保护区”<sup>[2]</sup>。但

在国际上, 如世界自然保护联盟(IUCN), 则将国家公园定义为“保护大尺度生态过程及其典型物种、生态系统的大型自然或近自然区域, 同时在环境和文化方面具有精神、科学、教育、游憩和游客体验兼容性的区域”, 强调了国家公园的保护、教育和游憩等功能, 保护等级明显低于国家自然保护区<sup>[3]</sup>。

国家自然保护区是指对有代表性的自然生态系统、珍稀濒危野生动植物物种的天然集中分布、有特殊意义的自然景观、自然资源、自然遗迹等保护对象所在的陆地、陆地水域或海域, 依法划出一定面积予以特殊保护和管理的区域, 是中国生态保

收稿日期: 2022-11-15; 修回日期: 2023-06-07

基金项目: 中国工程科技发展海南研究院咨询研究项目(20-HN-ZT-02); 国家自然科学基金项目(41871041)

作者简介: 王琼, 讲师, 研究方向为原生态音乐传播与环境保护、生态美学和艺术, 电子信箱: wangqiong-art@yangtzeu.edu.cn; 李百炼(通信作者), 教授, 研究方向为理论生态学 and 生态复杂性建模, 电子信箱: bai-lian.li@ucr.edu

引用格式: 王琼, 伍业钢, 任明迅, 等. 关于中国国家公园和国家自然保护区规划优化的建议[J]. 科技导报, 2023, 41(21): 14-20; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2023.21.002

# 附生维管植物生境营建作用的生态学功能

张中扬<sup>1</sup> 宋希强<sup>1</sup> 任明迅<sup>2</sup> 张哲<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>热带特色林木花卉遗传与种质创新教育部重点实验室, 海南大学林学院, 海口 570228; <sup>2</sup>环南海陆域生物多样性研究中心, 海南大学生态与环境学院, 海口 570228

**摘要** 在森林生态系统中, 林冠层的附生维管植物通过缓冲环境压力, 为其他生物营建出重要的生境条件, 增加了森林生态系统的复杂性, 提升了物种多样性和群落稳定性。不同附生维管植物类群可以营建出不同的生境形式, 进而发挥独特的生态功能, 根据附生维管植物形态、功能特征的不同, 可将其分为收集型植物和蚁巢型植物两大类, 前者包括“篮式植物”和“水箱植物”, 后者包括“蚂蚁花园植物”和“蚁栖植物”。该文论述了附生维管植物所营建的生境对林冠生物多样性起到的积极作用; 同时揭示这些微生境的存在可以增加林冠群落结构及食物网的复杂性, 使群落更加稳定; 并进一步剖析植食性防御与营养获取是如何促使附生维管植物演化出营建生境的特殊结构, 以及这些结构对其他林冠生物演化产生的影响。结合当前林冠学研究热点, 探究具有生境营建能力的附生维管植物在林冠中的生物互作、群落演替、响应全球变化这3个热点问题中发挥的作用。该文论证了附生维管植物通过营建特殊生境和庇护所, 成为全球变化背景下具有极大保护价值的“伞护种”。建议加强不同类型附生维管植物演化历史与生态功能的研究, 并探讨在全球变化背景下的热带、亚热带森林生态系统生物多样性保护策略。

**关键词** 森林生态系统; 生物多样性; 生物互作; 群落生态学; 伞护种; 林冠

张中扬, 宋希强, 任明迅, 张哲 (2023). 附生维管植物生境营建作用的生态学功能. 植物生态学报, 47, 895-911. DOI: 10.17521/cjpe.2022.0454

## Ecological functions of vascular epiphytes in habitat construction

ZHANG Zhong-Yang<sup>1</sup>, SONG Xi-Qiang<sup>1</sup>, REN Ming-Xun<sup>2</sup>, and ZHANG Zhe<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Key Laboratory of Genetics and Germplasm Innovation of Tropical Special Forest Trees and Ornamental Plants, Ministry of Education, School of Forestry, Hainan University, Haikou 570228, China; and <sup>2</sup>Center for Terrestrial Biodiversity of the South China Sea, School of Ecology and Environment, Hainan University, Haikou 570228, China

### Abstract

In forest ecosystems, vascular epiphytes in the forest canopy act as buffers against environmental pressures, create important habitats for other organisms, increase the complexity of forest ecosystems, and enhance species diversity and community stability. Vascular epiphytes can create distinct habitat forms and perform unique ecological functions. Based on their morphological functional characteristics, they can be categorized into two groups: collecting plants and ant-nest plants. The former group includes “trash-basket” and “tank-form” plants, while the latter group includes “ant-garden” and “ant-house” plants. The present paper discusses the positive effect of vascular epiphytes on canopy biodiversity through the creation of habitats. It reveals the existence of these microhabitats can increase the complexity of the canopy community structure and food web, thereby promoting community stability. Additionally, we analyze how herbivorous defense and nutrient acquisition promote the evolution of special structures of vascular epiphytes for creating habitats, and the impact of these structures on the evolution of other canopy organisms. Drawing on the current research hotspots in canopy science, this paper explores the role of habitat-constructing vascular epiphytes in the three prominent areas: biological interactions in forest canopies, community succession, and responses to global change. This paper highlights the role of habitat-constructing vascular epiphytes as “umbrella species” with significant conservation value in the face of global change. We suggested to strengthen the research on the evolutionary history and ecological functions of different types of vascular epiphytes, and to explore the biodiversity conservation strategies for tropical and subtropical forests ecosystems in the context of global change.

**Key words** forest ecosystem; biodiversity; biotic interaction; community ecology; umbrella species; canopy

收稿日期Received: 2022-11-10 接受日期Accepted: 2023-02-24

基金项目: 海南省自然科学基金(322RC569和321QN188)和国家自然科学基金(32201347)。Supported by the Hainan Natural Science Foundation (322RC569 and 321QN188) and the National Natural Science Foundation of China (32201347).

\* 通信作者Corresponding author (zhangzhe@hainanu.edu.cn)

DOI: 10.11931/guihaia.gxzw202112007

孙浩然, 凌少军, 任明迅, 2023. 圆唇苣苔属 (*Gyrocheilos*) 花柱侧偏弯折现象及其传粉适应机制 [J]. 广西植物, 43(5): 817–826.

SUN HR, LING SJ, REN MX, 2023. Style lateral bending and its pollination adaptation in *Gyrocheilos* (Gesneriaceae) [J]. *Guihaia*, 43(5): 817–826.



## 圆唇苣苔属 (*Gyrocheilos*) 花柱侧偏弯折现象及其传粉适应机制

孙浩然<sup>1,2</sup>, 凌少军<sup>1,2</sup>, 任明迅<sup>1,2\*</sup>

( 1. 热带特色林木花卉遗传与种质创新教育部重点实验室, 海南大学, 海口 570228;  
2. 海南大学 环南海陆域生物多样性研究中心, 海口 570228 )

**摘要:** 圆唇苣苔属 (*Gyrocheilos*) 是苦苣苔科的中国特有属, 有 5 种, 全部狭域分布在我国西南及广东的高海拔山区。圆唇苣苔属所有物种的花柱侧偏且花柱顶端呈 90° 弯折, 使得柱头位于花开口的中央位置。这种独特的侧偏弯折花柱结构, 说明圆唇苣苔属可能有着特殊的演化历史和适应机制。为揭示这种特殊的花柱侧偏弯折现象的发生范围、发育过程及其传粉适应机制, 该研究在圆唇苣苔 (*Gyrocheilos chorisepalus*)、折毛圆唇苣苔 (*G. retrotrichus*) 和微毛圆唇苣苔 (*G. microtrichus*) 3 个物种中开展了花部综合征观察, 并研究了广东大雾岭保护区内的折毛圆唇苣苔花发育过程、花部特征和繁育系统以及传粉过程。结果表明: (1) 微毛圆唇苣苔只有花柱左偏弯折现象, 而圆唇苣苔和折毛圆唇苣苔虽然大部分花是花柱左偏弯折, 但在部分个体中出现了少量的花柱右偏弯折现象 (占种群总花数的 2%~3%)。 (2) 传粉观察发现, 折毛圆唇苣苔在花蕾期即出现了花柱弯折现象, 2 个可育雄蕊的花药合生、位于花冠筒喉部中央位置, 与侧偏花柱不存在左右镜像对称关系。 (3) 折毛圆唇苣苔的花粉胚珠比 (P/O) 为  $456.98 \pm 15.55$ , 属于兼性异交繁育系统。折毛圆唇苣苔存在一定的传粉限制, 自交授粉可以结实, 但异交种子萌发率更高, 可能存在近交衰退。 (4) 折毛圆唇苣苔的访花昆虫较少, 访花频率较低, 主要访花昆虫有隧蜂、熊蜂、食蚜蝇等; 熊蜂体型较大, 访花时降落在弯折花柱和花瓣下唇, 胸部侧面及下部能有效接触到柱头。 (5) 反射率结果显示, 折毛圆唇苣苔花瓣反射波长范围集中在紫光和蓝紫光区域, 花冠的反射波长范围与蜂类视觉范围一致且花冠筒外侧和花瓣下唇的反射强度最大, 更容易吸引蜂类放置在花冠宽大的下唇; 圆唇苣苔属的花柱侧偏弯折现象可能来自近缘的长蒴苣苔属 (*Didymocarpus*) 的花柱下弯现象或镜像花 (mirror-image flowers)。综上认为, 这种侧偏弯折的花柱, 可能通过提供昆虫降落平台, 使得柱头位于花开口中央和花瓣下唇的上方位置, 提高了柱头接触访花昆虫的概率, 是适应高海拔地区低频率访花者的一种机制。

**关键词:** 花部综合征, 镜像花, 传粉机制, 繁育系统, 苦苣苔科

**中图分类号:** Q944 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2023)05-0817-10

收稿日期: 2022-02-10

基金项目: 国家自然科学基金(41871041)。

第一作者: 孙浩然(1996-), 硕士研究生, 主要从事传粉生物学研究, (E-mail) 17854203053@163.com。

\*通信作者: 任明迅, 博士, 教授, 主要从事植物生态与进化研究与教学工作, (E-mail) renmx@hainanu.edu.cn。

# 东南亚植物地理

PHYTOGEOGRAPHY OF SOUTHEAST ASIA

任明迅 谭珂 向文倩 凌少军 张哲 编著



科学出版社



## 内 容 简 介

本书系统总结了作者近十年的东南亚植物地理学研究结果,对东南亚自然地理与地质历史、植物分布格局与区系划分、代表性热带植物类群(龙脑香科、金虎尾科、苦苣苔科、秋海棠科、兰科、木棉亚科等)长距离扩散与适应进化等进行了总结与分析,讨论了东南亚作为现代被子植物的起源地及“进化前沿”的发生机制及其对中国南方热带植物区系的影响。此外,还结合民族植物学分析了东南亚和海南岛的植物文化多样性,探讨了人类活动和传统文化对植物扩散及其地理分布格局的作用。

为便于国外学者阅读与交流,本书每章还提供了英文题目和英文摘要。本书可供国内外从事生物地理学、植物区系与演化、生物多样性与民族植物学等方面研究的科学工作者以及相关专业的研究生与高年级本科生参考。

审图号:GS京(2023)1700号

图书在版编目(CIP)数据

东南亚植物地理/任明迅等编著. —北京:科学出版社,2023.9

ISBN 978-7-03-073850-9

I. ①东… II. ①任… III. ①植物地理学—调查研究—东南亚  
IV. ①Q948.513.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2022)第219382号

责任编辑:岳漫宇 付丽娜/责任校对:严娜

责任印制:肖兴/封面设计:图阅盛世

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2023年9月第一版 开本:B5(720×1000)

2023年9月第一次印刷 印张:22 3/4

字数:459 000

定价:298.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

# 目 录

<b>第 1 章 自然地理与地质历史</b> .....	1
1.1 自然地理概况 .....	2
1.2 河流与峡谷 .....	9
1.3 气候 .....	12
1.4 地质变迁 .....	17
1.5 东南亚与周边板块的联系 .....	20
1.6 气候波动与海平面升降 .....	22
1.7 结语 .....	24
<b>第 2 章 植物分布格局与区系划分</b> .....	25
2.1 东南亚植物多样性分布格局 .....	27
2.2 东南亚是早期被子植物的起源地与“避难所” .....	28
2.3 东南亚是热带植物的“进化前沿” .....	30
2.4 东南亚是植物长距离扩散的“十字路口” .....	33
2.5 东南亚植物地理学分区 .....	35
2.6 结语 .....	40
<b>第 3 章 龙脑香科植物地理</b> .....	41
3.1 分类及多样性 .....	43
3.2 地理分布格局 .....	46
3.3 龙脑香科植物的起源 .....	52
3.4 迁移过程及系统发育 .....	55
3.5 适应与进化 .....	58
3.6 全世界最高的被子植物——“Menara” .....	61
3.7 结语 .....	63
<b>第 4 章 金虎尾科植物地理</b> .....	64
4.1 物种多样性分布格局 .....	66
4.2 “金虎尾路线”及其物种适应进化 .....	67
4.3 植物地理学分布格局 .....	73

4.4	结语 .....	88
<b>第 5 章</b>	<b>苦苣苔科植物地理 .....</b>	<b>89</b>
5.1	物种多样性及分布格局 .....	91
5.2	物种多样性形成机制 .....	131
5.3	起源与扩散 .....	140
<b>第 6 章</b>	<b>秋海棠科植物地理 .....</b>	<b>144</b>
6.1	物种多样性和地理分布格局 .....	145
6.2	物种多样性的驱动力 .....	161
6.3	物种迁移路线 .....	165
<b>第 7 章</b>	<b>兰科植物地理 .....</b>	<b>173</b>
7.1	世界兰科植物的系统分类 .....	175
7.2	东南亚兰科植物种类及分布格局 .....	179
7.3	兰科植物的物种多样性形成机制及适应进化 .....	223
<b>第 8 章</b>	<b>木棉亚科植物地理 .....</b>	<b>250</b>
8.1	木棉亚科植物概况 .....	253
8.2	木棉亚科东南亚分布属概况 .....	256
8.3	物种多样性分布中心 .....	262
8.4	东南亚木棉亚科的适应进化 .....	263
<b>第 9 章</b>	<b>东南亚植物文化及其对植物地理分布格局的影响 .....</b>	<b>276</b>
9.1	生物文化多样性的估测方法 .....	278
9.2	东南亚生物文化 .....	279
9.3	结语与建议 .....	301
<b>参考文献</b>	<b>.....</b>	<b>302</b>
<b>后记</b>	<b>.....</b>	<b>357</b>



中国科协宋军书记和海南大学武耀廷书记等为工作基地揭牌



工作基地/研究中心实验室外景

策划：任明迅、赵洪伟

编辑：崔立星、向文倩、任明迅

指导：胡中民、林豪燕



中国科协海智计划海南(海南大学)工作基地  
海南省环南海陆域生物多样性国际联合研究中心

地 址： 海南省海口市美兰区人民大道58号， 海南大学新农科楼 18楼

网 址： [www.tbcs.org](http://www.tbcs.org)

公众号： 环南海生物多样性

电 话： 0898-66278285

