

湛江某红树林片区群落特征及其与表土孢粉组合的关系

程启卷, 曾梓瑶*, 赖颖雯, 翁小惠, 黄增辉

广州大学地理科学与遥感学院, 广东 广州
Email: *2112001038@e.gzhu.edu.cn

收稿日期: 2021年4月10日; 录用日期: 2021年4月30日; 发布日期: 2021年5月8日

摘要

红树林是重要的生态资源, 在净化海水、保护海岸带、调节气候、保护生物多样性等方面有着重要作用。对湛江市麻章区后头村独立红树林区域进行调查, 通过实地样方调查、无人机解译和表土孢粉的采样分析, 判断该区域红树林群落的主要类型和空间分布以及与表土孢粉组合的关系。研究表明: 1) 红树林区域中无瓣海桑、蜡烛果、海榄雌、木榄为主要树种。2) 通过无人机解译的方法可以较为准确地反应红树林区域主要树种和群落分布特征。该方法适用于较小红树林区域的研究, 并具有一定优势。3) 表土孢粉的组合能正确地反应红树林植被的组成和主要优势种类。结合三种方法的研究对比, 可以更准确地反应红树林群落的特征, 弥补单一研究方法的不足。

关键词

红树林, 群落特征, 无人机, 孢粉, 样方调查

Community Characteristics of a Mangrove Area in Zhanjiang and Its Relationship with Topsoil Pollen Assemblage

Qijuan Cheng, Ziyao Zeng*, Yingwen Lai, Xiaohui Weng, Zenghui Huang

School of Geography and Remote Sensing, Guangzhou Guangdong
Email: *2112001038@e.gzhu.edu.cn

Received: Apr. 10th, 2021; accepted: Apr. 30th, 2021; published: May 8th, 2021

*通讯作者。

文章引用: 程启卷, 曾梓瑶, 赖颖雯, 翁小惠, 黄增辉. 湛江某红树林片区群落特征及其与表土孢粉组合的关系[J]. 地理科学研究, 2021, 10(2): 64-71. DOI: 10.12677/gser.2021.102009

Abstract

Mangroves are important ecological resources and natural coastal shelterbelts, which play an important role in purifying sea water, regulating climate and protecting biodiversity. Taking the mangrove area in Houtou Village, Zhanjiang City as the research area, this paper aims to analyze the main types and spatial distribution of mangrove communities in study area, and examine the relationship between the community and the topsoil pollen assemblage through investigating plenty of sample plots, interpreting Unmanned Aerial Vehicle (UAV) images and analyzing pollen data from surface samples. The results show that first, *Sonneratia apetala*, *Sonneratia pyrifolia*, *Sapphyllum sanguinalis* and *Olea xylem* were the main species in the mangrove area. Second, by interpreting UAV images can accurately reflect the main tree species and community distribution characteristics in mangrove area, it has notable advantages for small mangrove area. Third, topsoil pollen assemblage can accurately reflect the composition and dominant species of mangrove vegetation. Through the comparison of the three methods, the characteristics of mangrove community can be more accurately reflected, making up for the deficiency of a single research method.

Keywords

Mangrove, Community Characteristics, Unmanned Aerial Vehicle (UAV), Pollen, Quadrat Survey

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

红树林泛指生长在热带、亚热带海岸潮间带,受周期性潮水淹没的耐盐性常绿灌木林或乔木树林[1]。红树林是地球上生产力最高的生态系统之一,是国际上生物多样性保护和湿地生态保护的重要对象,已成为近年来国际上普遍关注的环境资源热点之一[2]。作为“海岸卫士”的红树林湿地系统在防风消浪、促淤护岸、防灾减灾、净化海水等涉及海岸和近海生态系统等社会、民生安全方面扮演着重要角色[3],红树林的有效保护对环境与人类益处极大。但是随着我国经济发展,人类活动增强,特别是在东南沿海地区,人类活动对环境破坏程度大,大面积围海造田、滥伐滥砍使得红树林面积骤减,此外,外来物种横行及病虫害威胁使红树林种群多样性急剧下降,中国 37 种原生红树植物和半红树植物中有 50% 的种类已处于不同程度的珍稀濒危状态。因此,有必要准确地获取红树林的空间分布、群落构成及生长态势,进而对红树林的整体特征进行多时空尺度的监测。

由于红树林分布在潮间带浅滩,传统的野外实地调查受到淤泥以及潮汐作用的干扰,采样难度大,并且难以对红树林空间位置进行准确的定位[4]。遥感技术可以获取大范围内的数据,能够进行周期性观测,并有着其空间分辨率、光谱分辨率及其时相特征的多样性等优势,已经成为监测区域乃至全球的主要使用方式[5][6],但也存在着一些问题,例如易受天气影响,红树林零散的空间分布格局导致利用卫星航天等遥感平台对大区域红树林资源进行精确调查所需要遥感数据较多、影响采集难度大且费用极高[7]。国内对于红树林演替历史的研究大多采用基于 Landsat TM 图像、SPOT HV 图像解译结合实地考察结果、当地相关文献记载来重建红树林演替历史以及探讨其机制。近年来兴起的低空无人机成本低、数据采集

灵活、图像空间分辨率较高，具有实时获取影像资料的能力，因此在探测区域较小的低空领域具有一定的优势。

无疑，上述方法均只能获得短时间尺度(如近 20 年来)的红树林演替历史。如要重建百年尺度上的红树林演替历史，基于红树林孢粉的分析，只能通过红树林沉积物分析的古生态学手段。孢粉因其外壁含有耐高温、氧化和酸碱腐蚀的孢粉素，使之在漫长的地质年代里，可以很好地保存下来[8]，加之其具有产量大、种类丰富等优势，成为最直接、最可信的古环境和古植被代用指标之一，在正确认识和恢复过去环境和植被变化等方面具有不可替代的作用[9] [10]。王开发等最早对国内红树林花粉形态做了系统的描述，指出表层孢粉可以反应当地红树林群落构成[11] [12]；Mao 等对海南岛东寨港、清澜港表层孢粉研究，得到相同的结论，红树林孢粉可以作为古植被，古环境的指示标志[13]；Li 对广西英罗湾表层花粉分布做了系统的描述，探讨红树林植被与现今花粉的关系，并发现红树植物花粉不容易扩散离源区，大多在原位沉积，红树花粉可以较好地反应红树植被的群落特征[14] [15]。张玉兰对海南岛周边近海表层孢粉进行研究，表明近海表层沉积物孢粉组合与周边植被组成存在一定差异，松属花粉具有超代表性，对于正确反应植被群落特征存在误差[16]。目前国内学者大多仅用表层孢粉的方法来反应红树林群落的分布特征，很少采用多种方法进行对比校正，缺乏实际数据的验证，而且主要研究大范围区域的红树林，对于小区域红树林的研究少之又少，所以本文选取小尺度红树林研究区，由于花粉自身容易受到风力和流水等外力作用发生迁移，并且一些花粉在指示植物群落的空间分布上缺乏说服力，因此采用实地样方调查和无人机解译来校正孢粉分析方法带来的误差。

本研究以广东省湛江市麻章区后头村会境庙东侧的红树林片区为研究区，通过无人机航拍获取高分辨率像片，并且使用拼接的影像和目视解译方法提取红树林空间分布信息，进一步选取典型研究样地，并对红树林种类进行分类，找出主要的红树林优势树种。

2. 研究区域概况

本研究以广东省湛江市麻章区后头村会境庙东侧的红树林片区一块相对独立的红树林地为研究区域(图 1)，该林地周边为农田以及乡村，东部邻近通明海。地理位置处于北回归线以南的低纬度地区，在北纬 $21^{\circ}2'37''\sim 21^{\circ}2'26''$ ，东经 $110^{\circ}11'42''\sim 110^{\circ}11'31''$ 之间，属热带和亚热带季风气候，雨热同期，终年受海洋气候调节，年平均气温 23.4°C ，年平均雨量 $1395.5\sim 1723.1\text{ mm}$ ，年平均日照时数 $1714.8\sim 2038.2$ 小时，最冷月平均气温在 12°C 以上，极端最低气温大于 0°C ，常年无冬，4 月到 9 月为多雨季节，8 月雨量最多，10 月到次年 3 月雨量较少[17]。该红树林研究区面积约为 $51,360\text{ m}^2$ ，长大约为 313 m ，宽约为 164 m ，属于港湾红树林类型，其中群落面积最大的是海桑群落。

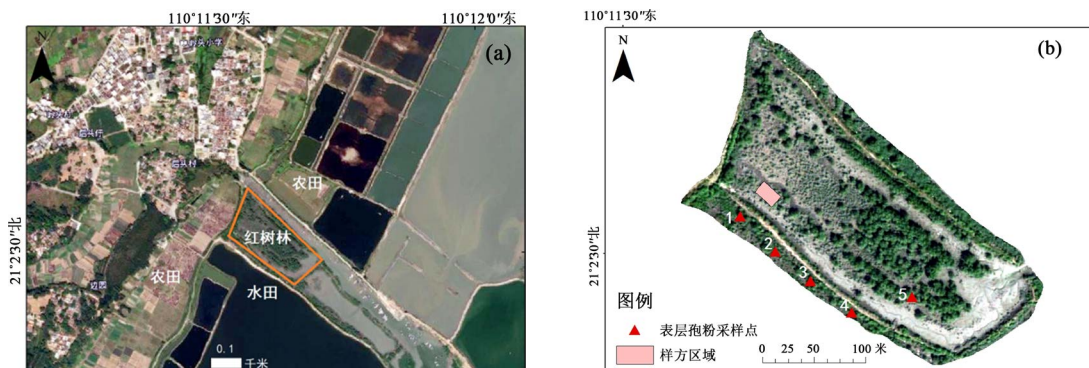


Figure 1. (a) Study area in Zhanjiang mangrove; (b) Mangrove quadrat and surface pollen samplepot map
图 1. (a) 湛江红树林研究区域图；(b) 红树林样方区域及表层孢粉采样图

该区域的红树林植物有无瓣海桑、蜡烛果(桐花树)、海榄雌(白骨壤)、木榄、海漆、卤蕨等。其中最主要的四种红树林树种依次是无瓣海桑、蜡烛果、海榄雌和木榄。根据红树林的组成类型,外貌和结构等特征,可以划分为海桑群落、桐花树群落、白骨壤群落以及木榄群落,两个及以上群落混生为过渡群落,如海桑群落 + 桐花树群落,白骨壤群落 + 木榄海漆群落等。

3. 研究方法

3.1. 野外样方调查

选取研究区域内典型样地(5 m × 10 m)的样方作为红树林树种分类研究区,并对样方区域内的红树林植物进行每木检尺,记录红树林树种名、红树林树高以及冠幅等。红树林区域样方的具体位置如图所示。

3.2. 基于无人机遥感的红树林资源调查

在红树林片区中,选用了易于操作,携带方便,起飞、降落不受场地限制,具有精准悬停能力的大疆 Inspire 2 无人机系统[18]。飞行器型号为 T650A,重 3440 g,最大上升速度 5 m/s,垂直下降速度 4 m/s,斜下降速度 4~9 m/s,最大水平飞行速度 26 m/s,最长飞行时间 27 min。本次研究拍摄时间为 2019 年 8 月 15 日,区域内红树林以海榄雌、蜡烛果、无瓣海桑和木榄为优势种。

3.3. 孢粉采样及其实验室处理

在 2019 年 2 月对红树林研究区域采集表土孢粉样品,从西北向东南一共设置五个孢粉采样点,表层取样的采样点在 1 m² × 1 m² 小样方内,分别取样方内四角及中央的表土混合样,带到河北水文地质研究所孢粉研究室进行分析。在实验室对孢粉的提取采用酸碱-重液悬浮法,每个采样点的样品称重 10 g,并加一片石松孢子片剂测定孢粉浓度,加入 10% 稀盐酸除钙、洗酸、除沙,加入 10% 的氢氧化钾除有机质、洗碱等处理之后,重液离心进行悬浮,吸取悬浮液体,获得孢粉浓缩物,最后加入甘油保存和制片[19]。使用 Leitz 光学投射显微镜进行鉴定和统计,每个孢粉样品统计数目在 300 粒以上,在鉴定过程中主要参考《中国植物花粉形态(第二版)》[20]、《中国蕨类植物孢子形态研究》[21]、《中国热带亚热带被子植物花粉形态》[22]等专著。

4. 研究结果

4.1. 样方调查结果

经过野外实地调查,样地区域包括海榄雌、蜡烛果、无瓣海桑和木榄这 4 种优势红树林树种,也包括裸地、水体等其他植被地物类型。其中无瓣海桑数量最多,共 37 棵,海榄雌 10 棵,蜡烛果 8 棵,木榄 1 棵。无瓣海桑大部分高度在 1.7 m 左右,树冠宽度在 1.5 m 左右,最大的一棵高度达 6 m,树冠宽度 4.8 m;海榄雌整体高度在 1.1~2.2 m 之间,树冠宽度在 0.6~2.3 m 之间;蜡烛果高度在 1.6~1.7 m,树冠宽度 0.8~1.5 m;木榄高度 2.4 m,树冠宽度 1.7 m。各个树种之间分布紧密,具体分布状况如图 2 所示。

4.2. 无人机调查结果

使用大疆 Inspire 2 无人机对红树林区域进行航拍,获得高分变率影像(图 3(a))。图中包括红树林植被、裸地和水体。利用卫星影像对红树林区域西北,东北,东南,西南四个角进行定位配准,测得具体的经纬度,使用 ArcGIS 软件对无人机航拍影像加入坐标及投影,通过目视解译的方法提取红树林空间分布信息,划分主要树种的空间分布情况,并计算出其面积(图 3(b))。

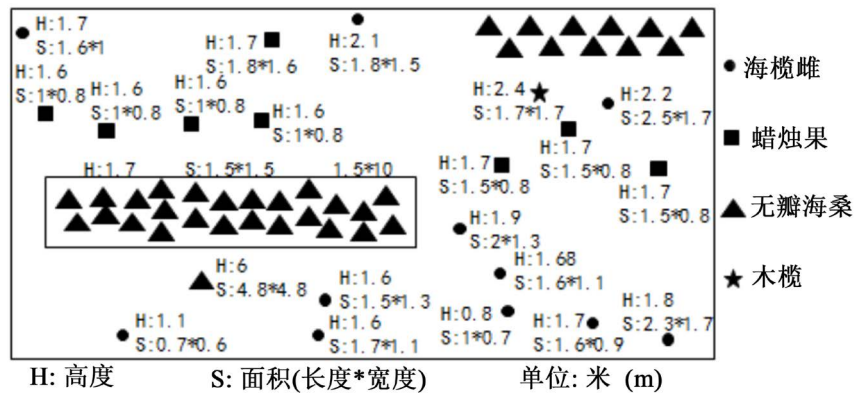


Figure 2. Distribution of mangrove species in quadrat
图 2. 红树林样方树种分布图

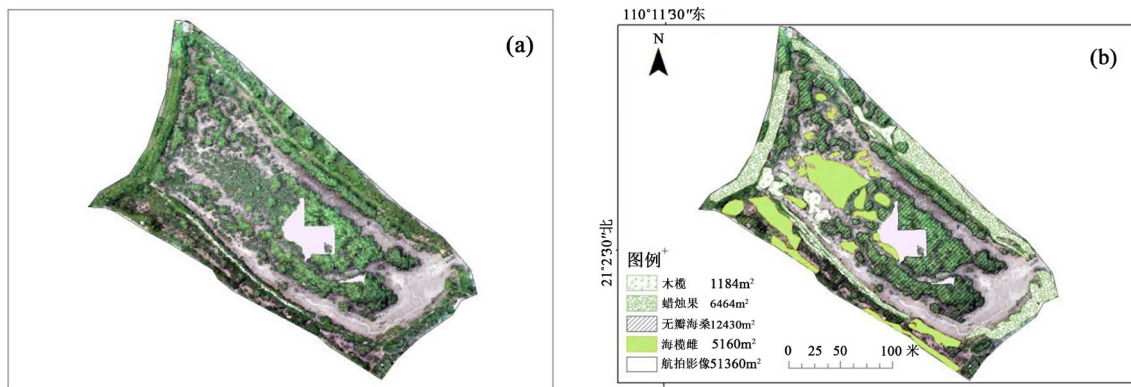


Figure 3. (a) UAV aerial image of study area; (b) Spatial distribution and area map of mangrove
图 3. (a) 红树林研究区无人机航拍图; (b) 红树林各树种空间分布及面积图

通过使用无人机航拍, 在红树林区域中, 无瓣海桑、蜡烛果、海榄雌、木榄为主要树种。无瓣海桑群落主要分布在区域中部以及西北部, 在四个优势树种中高度最高并且占据面积最大, 面积约为 12,430 m²; 蜡烛果群落主要分布在红树林区域四周边缘, 面积约为 6464 m²; 海榄雌群落主要分布在红树林区域中部及西南部, 面积约为 5160 m²; 木榄群落分布在西南部, 面积最小, 约为 1184 m²。

使用无人机对样方区域树种及棵树进行解译, 其中海榄雌 6 棵, 蜡烛果 3 棵, 无瓣海桑 12 棵, 木榄 1 棵。与实地考察结果对比, 无人机解译的总棵数与各个树种的总棵树少于实地考察的棵树, 其主要原因为大树冠对相对较小的树冠的遮挡作用以及无人机航拍清晰度的问题, 但是无人机解译可以较为准确的反应出红树林区域的树种类型以及优势树种。

4.3. 孢粉分析

孢粉采样点 1: 孢粉中以木本植物花粉占优势, 约为 43%, 草本植物花粉和蕨类植物孢子分别约占 19% 和 30%, 组合中红树林花粉约占总数 8%, 以海桑(约 3%)、红树(约 1%)和卤蕨科(约 2%)为主要红树林花粉, 还有少量的白骨壤、秋茄树花粉等。

孢粉采样点 2: 孢粉中以木本植物花粉占优势, 约为 39%, 草本植物花粉和蕨类植物孢子分别约占 27% 和 16%, 组合中红树林花粉约占总数 18%, 以海桑最多, 达到 10%, 还有海漆(约 2%)以及少量的白骨壤、秋茄树、红树、桐花树和卤蕨科花粉等。

孢粉采样点 3: 孢粉总浓度在五个采样点中最低, 其中孢粉中以草本植物花粉占优势, 约为 38%,

木本植物花粉和蕨类植物孢子分别约占 25%和 27%，组合中红树林花粉约占总数 10%，以海桑(约 8%)为主要红树林花粉，还有少量的白骨壤和木榄花粉等。

孢粉采样点 4: 孢粉中以木本植物花粉占优势，约为 37%，草本植物花粉和蕨类植物孢子分别约占 27%和 29%，组合中红树林花粉约占总数 7%，以海桑(约 2%)和卤蕨科(约 3%)为主要红树林花粉，还有少量的秋茄树和桐花树花粉等。

孢粉采样点 5: 孢粉总浓度在五个采样点中最高，其中孢粉中以木本植物花粉占优势，约为 39%，草本植物花粉和蕨类植物孢子分别约占 29%和 23%，组合中红树林花粉约占总数 9%，以海桑(约 6%)为主要红树林花粉，其次是秋茄树花粉(约 1%)，还有少部分白骨壤、海漆花粉等。孢粉分析结果如图 4 所示。

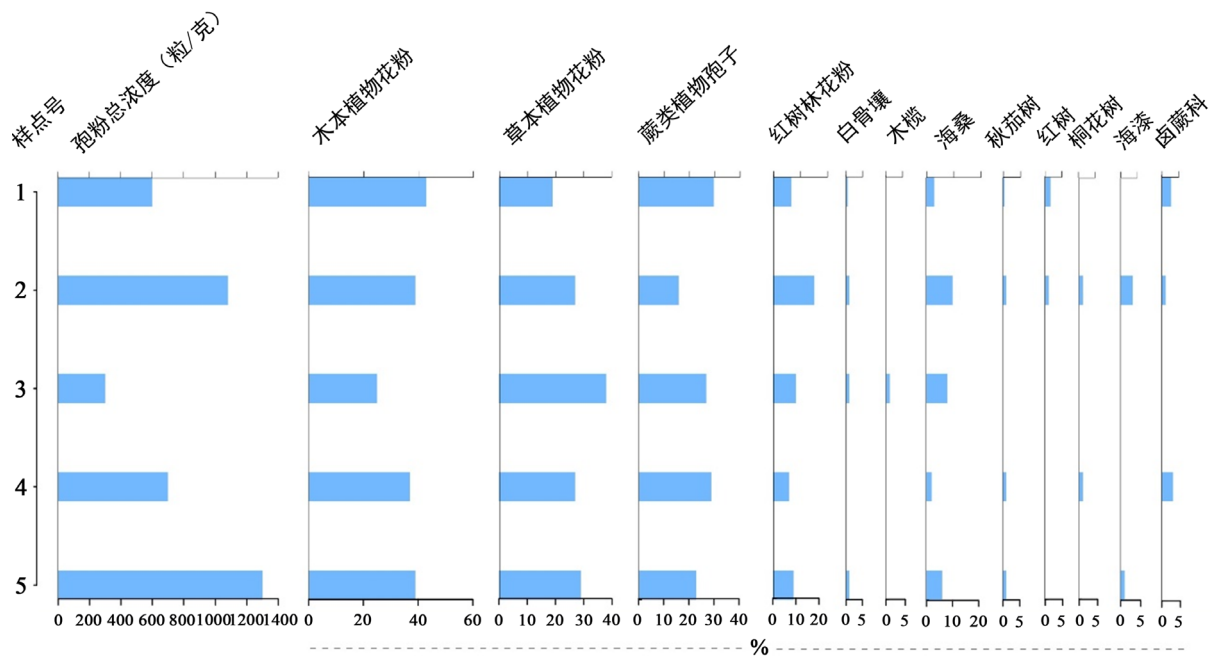


Figure 4. Results of pollen analysis

图 4. 孢粉分析结果

4.4. 多种方法对比

实地样方调查的结果最为准确，但是耗时长，人力投入多，对于大范围红树林区域的调查该方法并不可取；无人机解译的方法耗时少，简单便捷，但是受天气影响大，对于统计树种具体棵数也会存在一定误差；孢粉分析可以重建红树林的演替过程，反应红树林植被的组成，但孢粉个体极小，容易受到风力和水动力影响，在具体反应红树林的空间分布上会存在误差。通过三种方法的对比研究，相互校正得

Table 1. System resulting data of standard experiment

表 1. Main species and number in quadrant

红树林优势种类	海榄雌	蜡烛果	无瓣海桑	木榄
样方数量(棵)	10	8	37	1
无人机解译(棵)	6	3	12	1
孢粉占比(%)	9	5	54	2
群落面积(m ²)	5160	6464	12,430	1184

出无瓣海桑、蜡烛果、海榄雌和木榄为红树林区域主要树种(表 1), 孢粉分析中海漆花粉、红树花粉占比也较大, 但在实地样方调查和无人机解译中并非主要树种, 可能是因为海漆花粉和红树花粉产量较高的缘故, 也存在外来花粉输入的可能性。多种方法的相互结合, 适用于小尺度的红树林研究区域, 其优势可以对研究结果互相补充支持, 提供更加可靠的红树林群落特征。

5. 结论

红树林是我国极为重要的生态资源, 已成为重要的保护对象。通过对湛江市麻章区后头村会境庙东侧的红树林片区的调查研究分析, 可以得出以下结论:

1) 在该红树林区域中, 以海桑群落、蜡烛果群落、海榄雌群落和木榄群落为主, 其中无瓣海桑为绝对优势树种, 其次是蜡烛果、海榄雌和木榄。

2) 通过无人机解译的方法可以较为准确地判断出红树林区域的主要树种和红树林群落的分布特征, 但是在红树林具体树种棵树的解译上存在误差。在较小的红树林区域内研究红树林的空间分布和群落构成可以通过无人机的方法来实现。

3) 红树林表土孢粉研究表明, 表土孢粉的组合可以正确地反应红树林植被的组成和主要优势种类。红树林花粉中无瓣海桑最多, 其次是蜡烛果、海榄雌、木榄、秋茄和红树花粉等, 样方调查和无人机航拍解译的结果为无瓣海桑是占绝对优势的红树林种类, 蜡烛果、海榄雌、木榄也为主要红树林种类, 与表土孢粉研究的结果较为吻合。

基金项目

本研究受国家级大学生创新训练计划(项目名称: 湛江红树林长期的群落演变历史及其影响因素, 项目编号 201811078016)资助。

参考文献

- [1] 宋文东. 红树植物红海榄系列化学组分分析及生物活性研究[D]: [博士学位论文]. 上海: 东华大学, 2008.
- [2] 代华兵, 李春干. 1960-2010 年广西红树林数量变化[J]. 广西林业科学, 2014, 43(1): 10-16.
- [3] 夏鹏. 广西海岸带近百年来人类活动影响下的沉积环境质量演变及其对红树林生长发育的影响[D]: [博士学位论文]. 青岛: 中国海洋大学, 2011.
- [4] 冯家莉, 刘凯, 朱远辉, 李勇, 柳林, 蒙琳. 无人机遥感在红树林资源调查中的应用[J]. 热带地理, 2015, 35(1): 35-42.
- [5] 刘艳慧, 蔡宗磊, 包妮沙, 刘善军. 基于无人机大样方草地植被覆盖度及生物量估算方法研究[J]. 生态环境学报, 2018, 27(11): 2023-2032.
- [6] Senthilnath, J., Kandukuri, M., Dokania, A. and Ramesh, K.N. (2017) Application of UAV Imaging Platform for Vegetation Analysis Based on Spectral-Spatial Methods. *Computers and Electronics in Agriculture*, **140**, 8-24. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.05.027>
- [7] Wan, H., Wang, Q., Jiang, D., Fu, J., Yang, Y. and Liu, X. (2014) Monitoring the Invasion of *Spartina alterniflora* Using Very High Resolution Unmanned Aerial Vehicle Imagery in Beihai, Guangxi (China). *The Scientific World Journal*, **2014**, Article ID: 638296. <https://doi.org/10.1155/2014/638296>
- [8] 王开发. 孢粉学概论[M]. 北京: 北京大学出版社, 1983.
- [9] Zheng, Z., Wei, J., Huang, K., Xu, Q., Lu, H., Tarasov, P., et al. (2014) East Asian Pollen Database: Modern Pollen Distribution and Its Quantitative Relationship with Vegetation and Climate. *Journal of Biogeography*, **41**, 1819-1832. <https://doi.org/10.1111/jbi.12361>
- [10] Xu, Q.H., Cao, X.Y., Fang, T., et al. (2014) Relative Pollen Productivities of Typical Steppe Species in Northern China and Their Potential in Past Vegetation Reconstruction. *Science China (Earth Sciences)*, **57**, 1254-1266. <https://doi.org/10.1007/s11430-013-4738-7>
- [11] 王开发, 张玉兰, 王永元. 我国红树植物花粉形态研究及其在海洋地质勘探中的意义[J]. 科学通报, 1975(11):

- 518-524. <https://doi.org/10.1360/CSB1975-20-11-518>
- [12] 王开发, 张玉兰, 李珍. 广西英罗湾红树林表土沉积的孢粉学研究[J]. 沉积学报, 1998, 16(3): 31-37.
- [13] Mao, L. and Bi, Z.H. (2006) Modern Pollen Deposits in Coastal Mangrove Swamps from Northern Hainan Island, China. *Journal of Coastal Research*, **2006**, 1423-1436. <https://doi.org/10.2112/05-0516.1>
- [14] Li, Z. (2012) Mid-Holocene Mangrove Succession and Its Response to Sea Level Change in the Upper Mekong Delta, Cambodia. *Quaternary International*, **279-280**, 279. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2012.08.720>
- [15] Zhen, L., Zhang, Z., Jie, L., Zhang, Y., Li, Z., Liu, L., et al. (2008) Pollen Distribution in Surface Sediments of a Mangrove System, Yingluo Bay, Guangxi, China. *Review of Palaeobotany & Palynology*, **152**, 21-31. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2008.04.001>
- [16] 张玉兰, 龙江平. 海南岛周边近海表层沉积中的孢粉及其与周边植被的关系[J]. 海洋学研究, 2007, 25(3): 23-31.
- [17] 罗松英, 陈东平, 陈虹宇, 周耀萍. 1986-2016年湛江市旅游气候舒适度分析与评价[J]. 岭南师范学院学报, 2017, 38(6): 147-153.
- [18] 李小玲, 胡才源, 孙全福, 吴齐林. 无人机遥感在高山峡谷区崩塌地质调查中的应用[J]. 地理空间信息, 2021, 19(1): 78-81, 124.
- [19] 袁忠鹏, 胡刚, 王永红, 黄畅, 贾仲佳, 梁伟强, 等. 东海内陆架泥质体远端表层沉积物孢粉分布规律及其环境意义[J/OL]. 沉积学报, 2021: 1-18. <https://doi.org/10.14027/j.issn.1000-0550.2020.113>
- [20] 王伏雄, 钱南芬, 张玉龙, 杨惠秋. 中国植物花粉形态[M]. 第2版. 北京: 科学出版社, 1995.
- [21] 中国科学院北京植物研究所古植物研究室孢粉. 中国蕨类植物孢子形态[M]. 北京: 科学出版社, 1976.
- [22] 中国科学院植物研究所古植物室孢粉组. 中国热带亚热带被子植物花粉形态[M]. 北京: 科学出版社, 1982.