

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第34卷 第10期 Vol.34 No.10 **2014**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 34 卷 第 10 期 2014 年 5 月 (半月刊)

目 次

前沿理论与学科综述

- 景观可持续性与景观可持续性科学..... 赵文武,房学宁 (2453)
- 生态系统服务付费的诊断框架及案例剖析 朱文博,王 阳,李双成 (2460)
- 湿地植物根表铁膜研究进展..... 刘春英,陈春丽,弓晓峰,等 (2470)
- 水生生态环境中捕食信息素的生态学效应..... 覃光球,卢豪良,唐振柱,等 (2481)
- 脊椎动物传播植物肉质果中的次生物质及其生态作用 潘 扬,罗 芳,鲁长虎 (2490)

个体与基础生态

- 中亚热带天然林土壤 CH_4 吸收速率对模拟 N 沉降的响应 陈朝琪,杨智杰,刘小飞,等 (2498)
- 塔里木盆地南缘早生芦苇生态特征与水盐因子关系..... 贡 璐,朱美玲,塔西甫拉提·特依拜,等 (2509)
- 黄刺玫叶片光合生理参数的土壤水分阈值响应及其生产力分级..... 张淑勇,夏江宝,张光灿,等 (2519)
- 亚热带杉木和米老排人工林土壤呼吸对凋落物去除和交换的响应..... 余再鹏,万晓华,胡振宏,等 (2529)
- 施钾提高蚜害诱导的小麦茉莉酸含量和叶片相关防御酶活性..... 王 伟,张月玲,苏建伟,等 (2539)
- 高浓度 O_3 及太阳辐射减弱对冬小麦 PS II 光合活性及光能耗散的影响 孙 健,郑有飞,吴荣军,等 (2548)
- 蜡样芽孢杆菌 B3-7 在大田小麦根部的定殖动态及其对小麦纹枯病的防治效果 黄秋斌,张 颖,刘凤英,等 (2559)
- 有限供水下冬小麦全程耗水特征定量研究..... 张兴娟,薛绪掌,郭文忠,等 (2567)
- 抗真菌转基因水稻生态适合度评价..... 李 伟,郭建夫,袁红旭,等 (2581)
- 花生叶片蛋白组对 UV-B 辐射增强的响应 杜照奎,李钧敏,钟章成,等 (2589)
- 南海南部悬浮颗粒物脂肪酸组成..... 刘华雪,柯常亮,李纯厚,等 (2599)
- 年龄、集群、生境及天气对鄱阳湖白鹤越冬期日间行为模式的影响..... 袁芳凯,李言阔,李凤山,等 (2608)
- [树]麻雀羽再生的能量预算和水代谢散热调节 杨志宏,吴庆明,杨 渺,等 (2617)
- 低剂量杀虫剂对星豹蛛捕食效应的影响及其机理 李 锐,李 娜,刘 佳,等 (2629)
- 空心莲子草叶甲对越冬保护的响应与控害效能..... 刘雨芳,王秀秀,李 菲,等 (2638)
- ### 种群、群落和生态系统
- 气候变化对鄱阳湖白鹤越冬种群数量变化的影响..... 李言阔,钱法文,单继红,等 (2645)
- 不同退耕年限下菜子湖湿地土壤磷素组分特征变化..... 刘文静,张平究,董国政,等 (2654)

查干湖湿地浮游植物与环境因子关系的多元分析	李然然,章光新,张 蕾 (2663)
闽江河口区淡水和半咸水潮汐沼泽湿地土壤产甲烷菌多样性.....	曾志华,杨民和,余晨兴,等 (2674)
环境及遗传背景对延河流域植物叶片和细根功能性状变异的影响.....	郑 颖,温仲明,宋 光,等 (2682)
衡阳紫色土丘陵坡地植被恢复阶段土壤特性的演变.....	杨 宁,邹冬生,杨满元,等 (2693)
海平面上升影响下广西钦州湾红树林脆弱性评价.....	李莎莎,孟宪伟,葛振鸣,等 (2702)
中国南方3种主要人工林生物量和生产力的动态变化.....	杜 虎,曾馥平,王克林,等 (2712)
杉木人工林土壤真菌遗传多样性.....	何苑曄,周国英,王圣洁,等 (2725)
科尔沁固定沙地植被特征对降雨变化的响应.....	张腊梅,刘新平,赵学勇,等 (2737)
黄土丘陵区退耕还林地刺槐人工林碳储量及分配规律.....	申家朋,张文辉 (2746)
景观、区域和全球生态	
南亚热带森林演替过程中小气候的改变及对气候变化的响应.....	刘效东,周国逸,陈修治,等 (2755)
黄淮海平原典型站点冬小麦生育阶段的干旱特征及气候趋势的影响.....	徐建文,居 辉,刘 勤,等 (2765)
资源与产业生态	
基于GIS的山西省矿产资源规划环境影响评价	刘 伟,杜培军,李永峰 (2775)
基于效益分摊的水电水足迹计算方法——以密云水库为例	赵丹丹,刘俊国,赵 旭 (2787)
学术信息与动态	
全球土地计划第二次开放科学大会(GLP 2 nd Open Science Meeting)会议述评	段宝玲,卜玉山 (2796)
期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 348 * zh * P * ¥ 90.00 * 1510 * 36 * 2014-05	



封面图说: 鄱阳湖越冬的白鹤群——白鹤为国家一级保护动物,世界上白鹤东部种群的迁徙路线是从俄罗斯西伯利亚的雅库特,向南迁飞 5100km 到中国长江下游的鄱阳湖越冬,其中途经俄罗斯的雅纳河、印迪吉尔卡河和科雷马河流域,进入中国后主要停歇地有扎龙、林甸、莫莫格以及双台河口、滦河口、黄河三角洲和升金湖等地。多年的监测表明,世界 90% 以上的白鹤种群都在鄱阳湖越冬。越冬初期和末期是白鹤补充能量的关键阶段,因此,研究鄱阳湖国家级自然保护区越冬白鹤种群数量和当地气候变化的相关性具有重要意义。

彩图及图说提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@ 163.com

DOI: 10.5846/stxb201309032200

李莎莎, 孟宪伟, 葛振鸣, 张利权. 海平面上升影响下广西钦州湾红树林脆弱性评价. 生态学报, 2014, 34(10): 2702-2711.

Li S S, Meng X W, Ge Z M, Zhang L Q. Vulnerability assessment on the mangrove ecosystems in qinzhou bay under sea level rise. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(10): 2702-2711.

海平面上升影响下广西钦州湾红树林脆弱性评价

李莎莎¹, 孟宪伟², 葛振鸣¹, 张利权^{1,*}

(1. 华东师范大学河口海岸学国家重点实验室, 上海 200062; 2. 国家海洋局第一海洋研究所, 青岛 266061)

摘要: 全球气候变化所导致的海平面上升等现象对海岸带产生显著影响。红树林是生长在热带、亚热带沿海潮间带的生态系统, 对海平面上升极为敏感。以广西钦州湾红树林生态系统为对象, 采用 SPRC (Source-Pathway-Receptor-Consequence) 评估模式分析了气候变化所导致的海平面上升对红树林生态系统的主要影响。构建了以海平面上升速率、地面沉降/抬升速率、生境高程、日均淹水时间、潮滩坡度和沉积速率为指标的脆弱性评价体系。在 GIS 平台上量化各脆弱性指标, 计算脆弱性指数并分级, 建立了定量评价红树林生态系统脆弱性方法, 实现了在不同海平面上升情景 (近 40 年来广西海平面平均上升速率、IPCC 预测的 B1 和 A1FI 情景) 和时间尺度下 (2030 年、2050 和 2100 年), 广西钦州湾红树林生态系统脆弱性的定量空间评价。研究结果表明, 在近 40 年广西海平面平均上升速率与 B1 情景下, 钦州湾红树林在各评估时段表现为不脆弱。而在 A1FI 情景下, 至 2050 年研究区域 41.3% 红树林为低脆弱, 至 2100 年增加至 69.8%。研究采用的 SPRC 评估模型、脆弱性评价指标体系和定量空间评估方法能够客观定量评价气候变化所导致的海平面上升影响下红树林生态系统脆弱性, 可为制定切实可行的应对措施和保障海岸带生态系统安全提供科学依据。

关键词: 海平面上升; 广西钦州湾; 红树林; SPRC 模式; 指标体系; 脆弱性评价

Vulnerability assessment on the mangrove ecosystems in qinzhou bay under sea level rise

LI Shasha¹, MENG Xianwei², GE Zhenming¹, ZHANG Liquan^{1,*}

¹ State Key Laboratory of Estuarine and Coastal Research, East China Normal University, Shanghai 200062, China

² The First Institute of Oceanography, SOA, Qingdao 266061, China

Abstract: Sea level rise caused by global climate change has significant impacts on coastal zone. The mangrove ecosystems occur at the intertidal zone in tropical and subtropical coasts and are particularly sensitive to sea level rise. To study the responses of mangrove ecosystems to sea level rise, assess the impacts of sea level rise on mangrove ecosystem and formulate the feasible and practical mitigation strategies are the important prerequisites for securing the coastal ecosystems. In this research, taking the mangrove ecosystems in the coastal zone of Qinzhou Bay, Guangxi province as a case study, the main impacts of sea level rise on the mangrove ecosystems were analyzed by adopting the SPRC (Source-Pathway-Receptor-Consequence) model. An indicator system for vulnerability assessment on coastal mangrove ecosystems under sea level rise was worked out, according to the IPCC definition of vulnerability, i.e. the aspects of exposure, sensitivity and adaptation. The rate of sea level rise, subsidence/uplift rate, habitat elevation, daily mean inundation duration, intertidal slope and sedimentation rate were selected as the key indicators, taking into account of the characteristics of quantification, data accessibility, spatial and temporal heterogeneity. A quantitatively spatial assessment method based on the GIS platform was

基金项目: 国家重大科学研究计划全球变化研究 (2010CB951204); 国家自然科学基金项目 (41201091); 上海市“浦江人才”计划 (13PJ1402200); 河口海岸学国家重点实验室业务课题

收稿日期: 2013-09-03; 网络出版日期: 2014-02-20

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: lqzhang@sklec.ecnu.edu.cn

established by quantifying each indicator, calculating the vulnerability index and grading the vulnerability. The vulnerability assessment based on the sea-level rise rates of the present trend (the rate of sea level rise in the past 40 years), the B1 and A1FI scenarios in IPCC SRES were performed for three sets of projections of short-term (2030s), mid-term (2050s) and long-term (2100s). The results showed the mangrove ecosystems in the coastal zone of Qinzhou Bay was within the grade of no vulnerability at the present sea level rise rate of 0.29 cm/a and the B1 scenario of 0.38 cm/a for the projections of 2030s, 2050s and 2100s, respectively. As the sedimentation and land uplift could offset the rate of sea level rise and the impact of sea level rise on habitats/species of mangrove ecosystems was negligible. While in the A1FI scenario at sea level rise rate of 0.59 cm/a, the percentage of mangrove ecosystems within the grade of low vulnerability could reach 41.3% in 2050, and increased to 69.8% in 2100. The spatiotemporal occurrences of low vulnerability were mainly distributed in the northern coast of Maoweihai. The SPRC model and the methodology for vulnerability assessment developed from this study can objectively and quantitatively assess the vulnerability of coastal mangrove ecosystems in Qinzhou Bay under the impact of sea level rise caused by climate change. Based on the results from this study, some mitigation measures should be considered in the future for securing the coastal mangrove ecosystems, which include management of sedimentation, rehabilitating and recreating mangrove habitat, and controlling reclamation. The results from this study could provide a scientific basis on formulating feasible and practical mitigation strategies for coastal mangrove ecosystems under the impact of sea level rise, which is an important prerequisite for securing the coastal zone ecosystems.

Key Words: sea level rise; Qinzhou Bay in Guangxi; mangrove; SPRC model; indicator system; vulnerability assessment

自 20 世纪 70 年代开始,全球变化逐渐成为人类关注和研究的热点,其中气候变化是全球变化研究中的核心问题和重要内容。政府间气候变化专门委员会(IPCC)第四次评估报告表明,近百年来全球气候系统正经历着以全球变暖为主要特征的显著变化^[1]。研究表明,自工业革命以来人类向大气排放大量温室气体所产生的增温效应很可能是导致全球变暖的最主要原因。现有预测表明,即使温室气体保持在现有水平,未来百年内全球气候仍将继续变暖。气候变化所引起的海温升高、海平面上升和大面积冰川融化等现象将会对海岸带形成巨大影响。海岸带位于陆地与海洋过渡地带,对气候变化导致的海平面上升、海水表层温度上升、海水入侵、海岸带侵蚀和风暴潮等尤为敏感。

红树林是生长在热带、亚热带沿海潮间带的生态系统,具有重要的生态功能,为人类提供社会、经济和生态服务,对海岸带安全具有保护作用^[2-3]。同时海岸带红树林是陆地向海洋过渡的特殊生态系统,对气候变化所导致的海平面上升尤为敏感^[3]。自 IPCC 第一次评估报告之后,国内外许多学者开展了气候变化影响下红树林生态系统评估研究。Gilman 等在美国萨摩亚通过野外定点监测红树林生境地表高程变化,研究相对海平面变化对红树林生

态系统可能的影响^[4]。Ellison 选取了定性和定量评价指标,如系统暴露度指标(相对海平面上升、降水强度和潮差等)、系统敏感性指标(红树林生长状况、初级生产力和面积变化等)和系统适应性指标(潮上带生境和社会管理能力等),通过计算脆弱性综合指数,评价了红树林生态系统脆弱性^[3]。该气候变化影响下红树林生态系统脆弱性评价方法已运用于喀麦隆、坦桑尼亚和斐济等海岸带。近年来,国内学者李珍研究了广西海岸带红树林孢粉与沉积环境演变的关系,提供了历史上海平面变化对广西红树林生态系统的影响^[5]。孟宪伟等研究广西茅尾海和英罗湾红树林生态系统对海平面上升的响应,初步预测了该地区红树林面积的未来分布^[6]。也有研究者运用相关模型预测和评估了气候变化对未来红树林生态系统影响,例如 Doyle 等运用 SELVA-MANGRO 模型预测了佛罗里达南部红树林受海平面上升影响下物种组成和分布面积变化^[7]。Luo 等运用 Biome-BGC 模型研究中国深圳、湛江和琼山红树林生态系统在气候变化影响下生产力变化^[8]。然而,目前国内研究中尚缺乏基于过程的气候变化对红树林生态系统影响的脆弱性评价。构建气候变化影响下海岸带红树林生态系统评价体系和方法,客观定量评价气候变化影响下红树林生态系统脆弱性,是保障红

树林生态系统安全的重要前提,同时也是国际前沿科学问题。

本研究以广西钦州湾红树林生态系统为对象,应用评估模式分析全球气候变化所导致的海平面上升对红树林生态系统的影响,构建基于过程的红树林生态系统脆弱性评价体系和空间评价方法,定量评估海平面上升对红树林生态系统的可能影响。以期客观定量评价气候变化影响下广西红树林生态系统脆弱性,为海岸带红树林生态系统应对气候变化影响以及制定减缓和应对措施提供科学依据。

1 研究区域概况

钦州湾位于广西海岸中段的北部湾顶部(北纬 $21^{\circ}33'20''$ — $22^{\circ}54'30''$,东经 $108^{\circ}28'20''$ — $108^{\circ}45'30''$)。钦州湾由其顶端的茅尾海、中部湾颈和外湾钦州湾构成,湾口门宽 29 km,纵深 39 km,中间狭

窄,岛屿众多,两端宽阔,呈哑铃状,是一个半封闭型海湾(图 1)^[6,9]。钦州湾属正规全日潮海湾,平均潮差 2.40 m。研究区域位于亚热带气候区,温暖多雨,年均气温 22.0°C ,最热月均温 28.3°C ,最冷月均温 13.4°C ,极端最低温 -1.8°C ^[6]。

根据 2007 年调查结果,研究区域广西钦州湾红树林面积约 2955.47 hm^2 ,其中茅尾海分布较集中,构成主要群系有白骨壤(*Avicennia marina*)、桐花树(*Aegiceras corniculatum*)、秋茄(*Kandelia obovata*)、红海榄(*Rhizophora stylosa*)、木榄(*Bruguiera gymnorhiza*)和无瓣海桑(*Sonneratia apetala*)群系。不同红树林群系在潮间带呈带状分布,从低潮带至潮上带逐渐向陆生植物群落演化。白骨壤和桐花树群系分布在潮间带最外缘,中潮带主要是秋茄和红海榄群系,逐渐过渡至高潮带的木榄等演替后期群系^[6,9]。

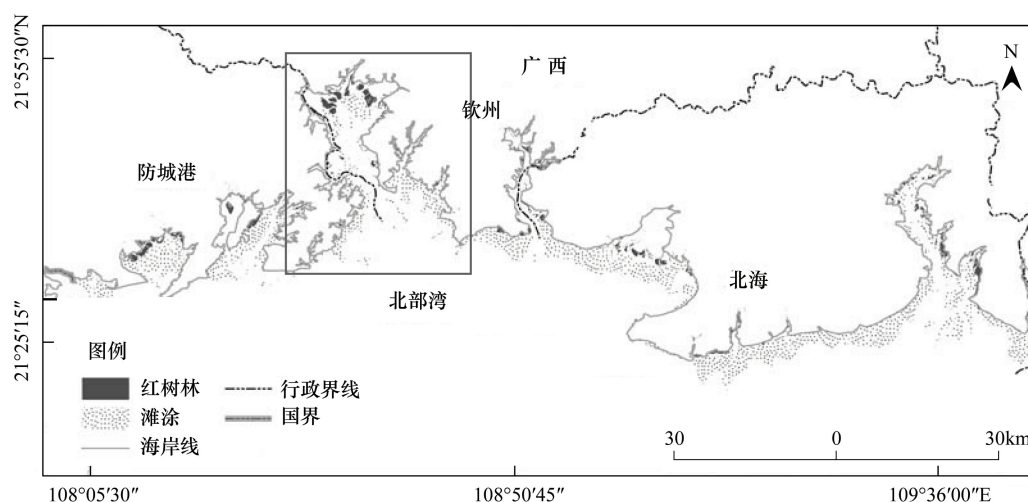


图 1 广西海岸带及钦州湾区域红树林分布^[6,9]

Fig.1 The coastal zone and mangrove distribution in Qinzhou Bay, Guangxi

2 研究方法

2.1 海平面上升影响下红树林生态系统脆弱性评估模式与指标体系

IPCC 在第三次评估报告中关于脆弱性定义被广泛接受运用,即脆弱性为一个自然的或社会的系统容易遭受来自气候变化(包括气候变率和极端气候事件)持续危害的范围或程度,是系统内的气候变率特征、幅度和变化速率及其敏感性和适应能力的函数^[10]。脆弱性概念可以概括为:系统的暴露度、敏感性和适应性^[11],它们之间的关系可表达为:

$$V = E + S - A$$

式中, V 为系统的脆弱性, E 为系统暴露度, S 为系统的敏感度, A 为系统的适应度。

在海岸带脆弱性评价研究中,目前应用较多的是“压力-状态-响应(PSR)”模型^[12]。PSR 模型具有比较明显的因果关系,从指标产生的机理方面着手构建评价指标体系。在 PSR 模型的基础上,欧盟 THESEUS 项目提出了“源-途径-受体-影响(SPRC)”模型,用以研究评估气候变化所导致的海平面上升与风暴潮对海岸带社会经济和生态环境的影响^[13]。SPRC 评估模型以因果关系为基础,可以体现影响

“源”与“受体”的相互作用及其过程。本项研究应用 SPRC 模型,从系统脆弱性的暴露度、敏感度和适

应度 3 个方面,构建了海平面上升影响下广西钦州湾红树林生态系统脆弱性评估模式(图 2)。

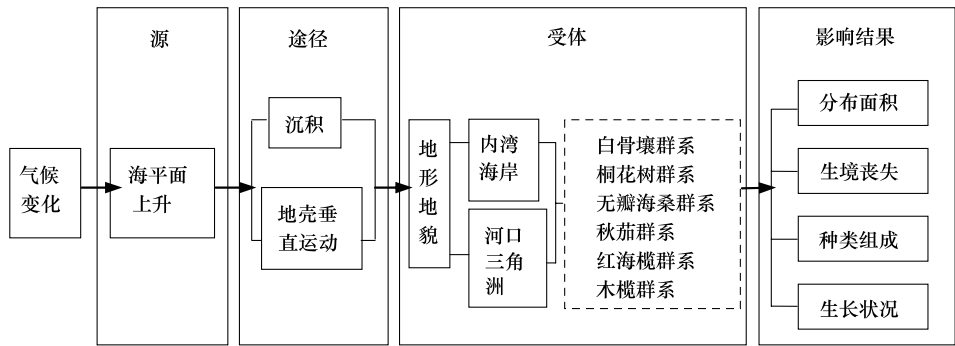


图 2 海平面上升影响下广西钦州湾红树林生态系统脆弱性评估的 SPRC 模式

Fig.2 The SPRC model of vulnerability assessment for mangrove ecosystems under sea level rise in Qinzhou Bay, Guangxi

红树林生态系统分布于潮间带,潮滩高程和沉积动力条件直接影响其生存与生长,因此对气候变化所导致的海平面上升十分敏感^[14]。该评估模式中,气候变化所导致的绝对海平面上升是对红树林生态系统可能产生影响的源(S)。海岸带地面沉降可以加速海平面上升对红树林生态系统的影响,而海岸带地壳抬升则可缓解或抵消海平面上升影响。河流和外海带来沉积物在海岸带的冲淤动态也是影响相对海平面上升的重要因素^[14]。绝对海平面上升通过海岸带地面垂直运动和海岸带沉积速率途径(P),影响不同红树林受体(R)的栖息地变化。按钦

州湾地形地貌特征,大致可分为内湾海岸和河口三角洲。金鼓江、钦州湾外湾和湾颈属于溺谷湾的内湾海岸^[15],其海岸线曲折蜿蜒,受风浪干扰小而易于沉积物淤积。钦州湾顶端的茅尾海为典型的河口三角洲,受到风浪影响较小,并且有淡水补充,潮滩盐度相对较低,输沙量较大。不同红树林群系对高程和盐度的适应能力不同,从而形成从低潮带至潮上带的带状分布。根据海岸带地貌特征和红树林群系类型,钦州湾红树林生态系统评价受体可分为 9 类,其详细划分与分布见表 1 和图 3。气候变化所导致的绝对海平面上升与海岸带地壳垂直运动和沉积动力条件相互作用,所导致的相对海平面变化将可能改变潮间带红树林生境(主要是高程),对红树林生态系统产生影响(C,即表现为系统脆弱性)。当

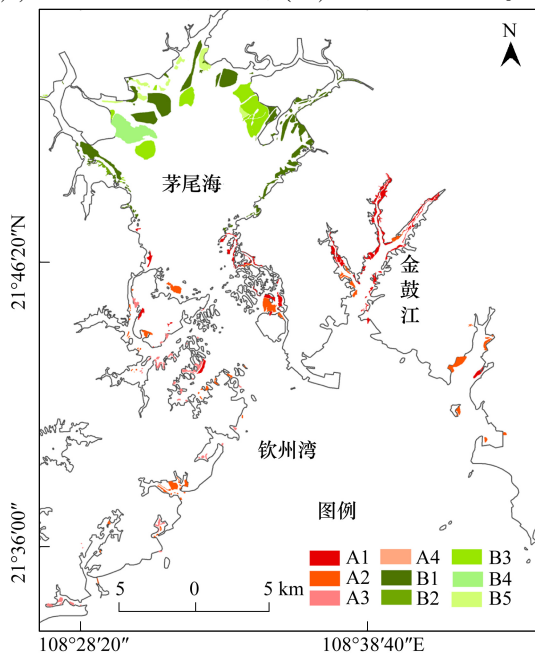


图 3 广西钦州湾红树林生态系统评价受体的分布

Fig.3 Distribution of assessment receptors for the mangrove ecosystems in Qinzhou Bay, Guangxi

表 1 广西钦州湾红树林评价受体的划分

Table 1 Classification of the assessment receptors for the mangroves in Qinzhou Bay, Guangxi

地貌特征 Geomorphological feature	红树林生态系统受体 Receptor of mangrove formations
A 内湾海岸	A1 桐花树群系
	A2 白骨壤群系
	A3 秋茄群系
	A4 木榄群系
B 河口三角洲	B1 桐花树群系
	B2 白骨壤群系
	B3 秋茄群系
	B4 红海榄群系
	B5 无瓣海桑群系

相对海平面上升速率超出红树林生态系统的耐受范围,将影响红树林生长,导致群落结构改变,最终导致生境丧失。如果海岸带修建了堤坝或已被围垦,红树林向陆迁移路径被切断,将导致海岸带红树林生态系统大面积丧失。

2.2 海平面上升影响下红树林生态系统脆弱性评价指标体系

基于上述 IPCC 脆弱性的定义和 SPRC 评估模式分析,本研究从系统的暴露度、敏感度和适应度 3

个方面构建了海平面上升影响下红树林生态系统脆弱性评价指标体系(表 2)。气候变化对红树林生态系统的影响主要是海平面上升、地壳垂直运动和沉积速率三者相互作用下,红树林生态系统能否适应潮间带高程和淹水时间的变化过程。选取的指标能定量反映海平面上升对红树林生态系统的影响以其过程和结果,并且应避免指标间的重复。同时,指标应具备可量化和数据可获取性的特征,其数据具有时空异质性。

表 2 海平面上升影响下广西钦州湾红树林生态系统脆弱性评价指标体系

Table 2 The system and indicators for vulnerability assessment on mangrove ecosystems under sea level rise in Qinzhou Bay				
评价对象 Assessment objective	项目层 Subject layer	指标层 Indicator layer	单位 Units	数据来源 Data source
广西钦州湾 红树林生态系统	暴露度	海平面上升	cm/a	IPCC 海平面上升速率预测 ^[16] , 2012 年国家海洋局海平面公报 ^[17]
		地面沉降/抬升	cm/a	广西海岸带和海涂资源综合调查领导小组 ^[18] , 胡惠民等 ^[19] , 莫永杰等 ^[20] , 卢汝圻 ^[21]
	敏感度	生境高程	cm	傅命佐 ^[9] , 孟宪伟等 ^[6]
		日均淹水时间	h/d	2012 年国家海洋局刊发的潮汐表 ^[22] , 孟宪伟等 ^[6] , 刘亮 ^[23] , 何斌源 ^[24]
		潮滩坡度	%	傅命佐 ^[9] , 孟宪伟等 ^[6]
	适应度	沉积速率	cm/a	孟宪伟等 ^[6] , 李珍 ^[5]

海平面上升速率 红树林生态系统位于海陆交界的潮间带,其分布与潮间带高程和潮汐水位密切相关。根据国家海洋局海平面公报统计,近 40 年广西海平面呈明显上升趋势,其上升速率约为 0.29 cm/a^[17]。根据 IPCC 排放情景特别报告(SRES)中 B1 情景下的海平面上升速率为 0.18—0.38 cm/a, A1FI 情景下的海平面上升速率为 0.26—0.59 cm/a^[16]。本研究中海平面上升速率分别采纳了上述 3 种情景。

地面沉降/抬升速率 地面沉降/抬升是影响区域相对海平面上升的重要因素。广西海岸带由于地壳构造垂直运动,钦州湾海岸带普遍呈抬升趋势^[18-21],其海岸带地壳垂直运动变化速率见图 4。

红树林生境高程 广西钦州湾红树林生态系统沿潮间带高程梯度呈带状分布,各类红树林群系具有一定的生境需求和分布范围^[23]。海平面上升可能导致潮间带实际高程发生变化,从而影响红树林生态系统的生境。根据广西海岸带滩涂地形地貌调查在研究区域设置的 26 条样线(图 4)共 1015 个高程点的数据^[6,9],应用 ArcGIS 地理统计分析模块中克里格插值法进行高程空间插值,获取钦州湾海岸

潮间带的数值高程图(黄海基面,国家 85 高程系)。

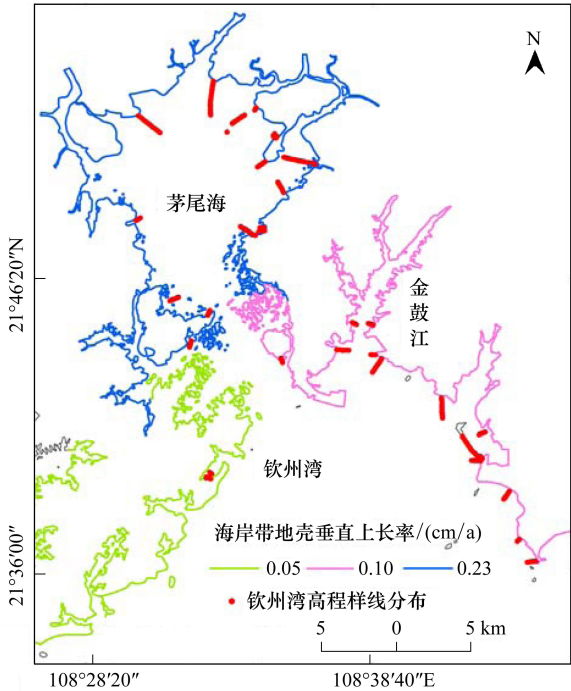


图 4 钦州湾海岸带地壳垂直抬升速率和高程测量样线分布^[6,9,18-21]

Fig.4 The crust vertical rise rate and the transect distribution of elevation measurement in coastal zone of Qinzhou Bay

潮滩坡度 潮滩坡度是影响潮间带沉积物累积的重要地形地貌因素。平缓滩坡的水动力较稳定,利于沉积物淤积,而陡峭滩坡受潮汐侵蚀影响大,不利于沉积物淤积^[25]。在上述生境数值高程图的基础上,利用 ArcGIS 软件中地理统计分析模块,将高程数据转换为坡度,得出钦州湾红树林分布区的潮滩坡度分布图。

日均淹水时间(*T*) 沿高程梯度呈带状分布的各类红树林群系对淹水胁迫具有一定的适应性和耐受范围^[3,26]。根据 2012 年国家海洋局刊发的潮汐表^[22]与红树林群系的高程分布^[6,23-24],计算出各类红树林群系生境的日均淹水时间(全年日平均),得出白骨壤、桐花树、无瓣海桑、秋茄、红海榄和木榄红树林群系日均淹水时间(*T*)分别为:8.8、7.3、7、6.9、6.4 h 和 5.8 h(图 5)。

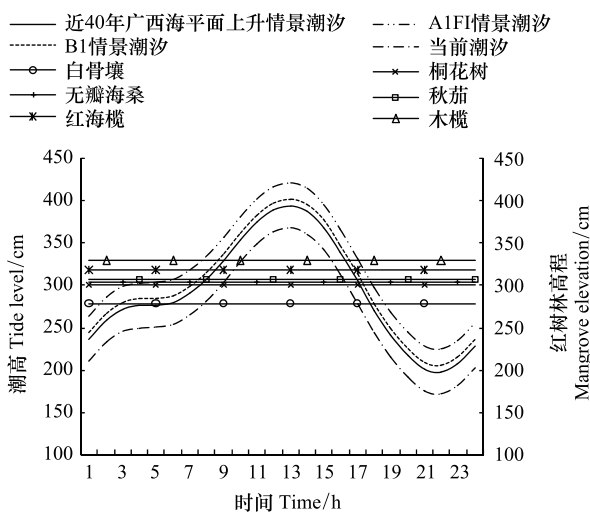


图 5 不同海平面上升情景下日均潮位变化和各类红树林群系的日均淹水时间

Fig.5 Mean daily tidal range and daily inundation duration for the six formations of mangroves under different scenarios of sea level rise

沉积速率:河流和外海带来的沉积物在海岸带的冲淤动态是影响相对海平面上升速率的重要因素。当沉积速率大于或等于海平面上升速率,可缓解或抵消海平面上升影响,而侵蚀岸滩则会加速海平面上升对红树林生态系统的影响。钦州湾海岸带地区主要的常年入海河流有钦江和茅岭江两条河流。根据广西海岸带滩涂地形地貌调查样线的柱状沉积物数据^[6]以及参考广西海岸带沉积环境演变的柱状岩芯沉积物数据^[5],得出钦州湾红树林分布区的平均沉积速率。

2.3 脆弱性指数计算与分级

根据各气候变化情景下广西海平面上升速率和日均潮位变化(图 5),可推导出钦州湾各类红树林群系生境在不同海平面上升情景下的日均淹水时间 T_{sl} ,其计算公式如下:

$$T_{sl} = m(f(tide), f(e)) \quad (1)$$

$$f(tide) = \frac{dR_{slr}}{dt} \quad (2)$$

$$R_{slr} = R_{sl} - R_{sub} - R_{sed} \quad (3)$$

式中, T_{sl} 为不同海平面上升情景下各类红树林群系生境的日均淹水时间; m 为不同海平面上升情景下日均潮位表 $f(tide)$ 在各红树林群系生境高程 $f(e)$ 上的截距(图 5); $f(tide)$ 为平均潮位在不同海平面上升情景下随时间(t)的变化; t 为不同时间尺度(短期 2010—2030 年,中期 2010—2050 年和长期 2010—2100 年)的评价年数; R_{slr} 为相对海平面上升速率; R_{sl} 为绝对海平面上升速率, R_{sub} 为地面沉降/抬升速率, R_{sed} 为沉积速率。

综合以上各项计算公式,可以计算在不同海平面上升情景下钦州湾红树林生态系统脆弱性指数 Vulnerability Index(*VI*):

$$VI \in \text{Rang}(T_{sl} - T) \times K \quad (4)$$

式中, $\text{Rang}(T_{sl} - T)$ 为不同海平面上升情景下各类红树林群系生境的日均淹水时间 T_{sl} 与相应的红树林群系生境日均淹水时间 T 的差值。 K 为潮滩坡度影响系数。钦州湾红树林分布区的潮滩坡度多在 1% 以下,研究表明当潮滩坡度大于 5%时,海岸带侵蚀会显著增加^[27]。据此,当海岸带潮滩坡度小于 5%时,赋予影响常数 K 值为 1(无影响),而大于 5%时 K 值为 1.5(显著影响)。

根据各类红树林群系由低潮带至高潮带呈带状分布和其生境的日均淹水时间 T ,高潮带红树林群系生境的日均淹水时间比中潮带和低潮带红树林群系生境分布别少 1 h 和 2.2 h(图 5),由此划分脆弱性指数 VI 的等级。当 $VI \in [\leq 0]$,红树林生态系统为不脆弱; $VI \in [0, 1]$ 为低脆弱; $VI \in [1, 2.2]$ 为中度脆弱; $VI \in [> 2.2]$ 为高度脆弱(表 3)。

表 3 红树林生态系统脆弱性指数 VI 分级

Table 3 The grade of vulnerability index for the mangrove ecosystems in Qinzhou Bay

脆弱性等级	0 无	1 低	2 中	3 高
Vulnerability grade	0 None	1 Low	2 Moderate	3 High
$(T_{sl} - T)/h$	≤ 0	$(0, 1]$	$(1, 2.2]$	> 2.2

3 广西钦州湾红树林生态系统脆弱性空间评价

空间量化评价指标是实现脆弱性评价的基础。在 ArcGIS 平台上以广西钦州湾红树林生态系统评价受体(图 3)为数据载体和基本评价单元,共计 283 个评价单元。整合脆弱性指标数据与评价单元,实现空间评价单元的单属性图层赋值与储存。建立空间数据与属性数据相互关联的脆弱性指标数据库,实现海平面上升、地面沉降/抬升速率、生境高程、潮滩坡度、日均淹水时间和沉积速率指标的地理空间量化。根据脆弱性指数 VI 的计算方法,在 GIS 平台上进行指标图层的空间叠加与计算,生成多指标属性的综合图层,得出每个评价单元脆弱性指数。按脆弱性指数等级划分,输出不同海平面上升情景和时间尺度(短期 2030,中期 2050 和长期 2100 年)的广西钦州湾红树林生态系统脆弱性评价的空间分布图。

3.1 近 40 年广西海平面上升速率与 B1 情景下的红树林生态系统脆弱性评价

近 40 年广西海平面上升(0.29 cm/a)与 IPCC 的 B1(0.38 cm/a)海平面上升情景下,钦州湾各类红

树林群系在 2030,2050 和 2100 年脆弱性等级均为不脆弱(图 6)。钦州湾海岸带普遍呈抬升趋势,其抬升速率为 0.05—0.23 cm/a,同时钦州湾红树林分布区的沉积速率为 0.25—0.63 cm/a。在地面抬升和沉积速率的作用下,抵消了海平面上升给钦州湾红树林生境可能带来的影响。

3.2 A1FI 情景下的红树林生态系统脆弱性评价

在 IPCC 的 A1FI 海平面上升(0.59 cm/a)情景下,钦州湾各类红树林群系在 2030 年均表现为不脆弱(图 6)。至 2050 年,钦州湾各类红树林群系表现为不脆弱的(VI 等级 0)为 58.7%,而处于低脆弱的(VI 等级 1)为 41.3%(表 4)。处于低脆弱的红树林群系主要分布在茅尾海西北岸段(图 6),该区域至 2050 年绝对海平面上升超过了沉积和地面抬升,导致各红树林群系生境的日均淹水时间增加到 $[0,1]$ 的低脆弱等级范围内。至 2100 年,钦州湾各类红树林群系表现为不脆弱的仅为总面积的 30.2%,而处于低脆弱的红树林群系为 69.8%,比 2050 年增加了 28.5%(表 4)。低脆弱等级的红树林群系不仅出现在茅尾海的西北岸段,也包括了茅尾海的东北岸段(图 6)。

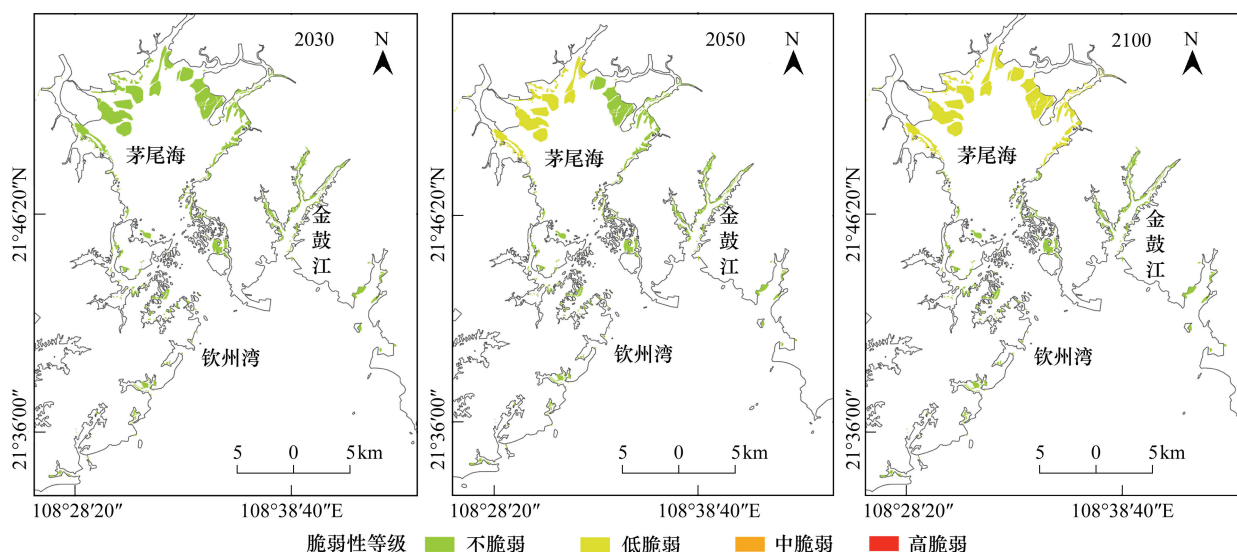


图 6 A1FI 情景下 2030、2050 和 2100 年钦州湾红树林生态系统脆弱性空间评价图

Fig.6 The spatial distribution of vulnerability assessment for the mangrove ecosystems in Qinzhou Bay in 2030, 2050 and 2100 under A1FI scenario

4 讨论

全球气候变化所导致的海平面上升等现象对海岸带产生显著影响。20 世纪 90 年代初的 IPCC

CZMS 报告,首次将海岸带脆弱性评估列为主要事项^[28]。在众多的研究中,影响较大的是 Nicholls 于 1999 年对全球海平面上升可能造成的洪涝风险以及湿地损失的评估^[29]。该项研究预测了由于海平面

上升造成的湿地损失和由于风暴潮造成的洪涝风险。研究预测显示,至 2080 年,全球海平面上升将造成世界湿地 22% 的损失,如果结合其他人类活动造成的影响,全球湿地损失将达到 70%,如果没有相应的措施响应,全球海平面上升将产生严重的负面作用。从国内外的研究趋势上来看,构建基于过程的气候变化影响下海岸带脆弱性评估模式和加强量化的脆弱性评估,是当前和今后海岸带脆弱性评估发展的方向。从系统论角度来看,气候变化影响下海岸带系统的动态符合 SPRC 评估模型,能够充分体现自然因子和人为因子(源)以不同方式(途径)对评价系统(受体)所造成的影响(表现为系统的脆弱性),明确表达了影响源与受体之间的相互作用与过程。目前欧盟 THESEUS 项目也成功应用了 SPRC 评估模式,研究气候变化所导致的海平面上升与风暴潮对欧洲海岸带社会经济和生态环境的影响,用以制定切实可行的应对策略和措施^[13]。本研究运用 SPRC 评估模型,分析了海平面上升对红树林生态系统影响的主要途径、过程和结果,体现了各要素间的因果关系,构建了基于过程的海平面上升影响下广西钦州湾红树林生态系统脆弱性评估模式,同时也为建立脆弱性评估的指标体系提供了依据。

表 4 A1FI 情景下 2030、2050、2100 年钦州湾红树林生态系统脆弱性等级百分比

Table 4 Percentage of vulnerability grade for the mangrove ecosystems in Qinzhou Bay in projection of 2030, 2050 and 2100 under A1FI scenario

时间尺度 Time scale	脆弱性等级 Vulnerability grade			
	0 无 None	1 低 Low	2 中 Moderate	3 高 High
2010—2030 年	100	0	0	0
2010—2050 年	58.7	41.3	0	0
2010—2100 年	30.2	69.8	0	0

自然系统和社会经济系统脆弱性评价的常用方法是基于暴露度、敏感性和适应性三方面建立脆弱性评价体系,进行定量评价。气候变化对海岸带生态系统影响涉及许多方面,反映其脆弱性的指标也是多方面的,因此必须根据脆弱性评估的对象、目的和具体情况,力求建立基于过程的、量化的和可操作的评价指标体系^[11]。在美国海岸带脆弱性评估研究中,选取了地貌环境、海岸带坡度、相对海平面

上升速率等 6 项海岸带脆弱性指标^[30]。西尼日利亚三角洲红树林生态系统脆弱性评估研究,从社会和生态两方面选取了海平面上升、相对湿度、温度、采伐等 11 项脆弱性指标^[31]。Ellison 根据系统暴露度、敏感度和适应度选取了包括群落结构、生长状况、管理能力等气候变化影响下红树林生态系统脆弱性指标体系^[3]。本项研究基于 SPRC 评估模式和 IPCC 的脆弱性定义,建立了海平面上升速率、地面沉降/抬升速率、生境高程、日均淹水时间、潮滩坡度和沉积速率 6 项指标的海平面上升影响下红树林生态系统脆弱性指标体系。在该脆弱性指标体系基础上计算得出的脆弱性指数体现了基于过程、可量化和可操作的原则,实现了海平面上升影响下红树林生态系统脆弱性评价。

气候变化影响下海岸带脆弱性评估过程中涉及海岸带大量信息的获取、分析和模拟。GIS 平台能融合各种数据建立数据库,执行分析、模拟和预测等功能,其发展为气候变化影响下海岸带脆弱性评估提供了一个崭新的平台和前景。利用 GIS 技术的空间分析功能,可以对资源、环境和社会经济等各类要素进行定量分析和综合分析,获得的评价结果直观、清晰,有助于问题发现和决策制定^[31]。本项研究应用 ArcGIS 中地理空间数据库、空间分析和图像表达,实现了研究对象的地理位置和相关属性信息的有机结合,完成地理空间数据的采集、处理、存储、分析、管理和结果输出。研究得出的空间评价结果直观、清晰,为客观定量评价海平面上升影响下红树林生态系统脆弱性提供了重要的技术支撑。

本项研究应用 SPRC 评估模型和 IPCC 脆弱性定义,构建了脆弱性评价体系。运用 GIS 平台计算脆弱性指数,建立了定量评估海平面上升影响下红树林生态系统脆弱性的方法。结合不同海平面上升情景和时间尺度(短期 2030,中期 2050 和长期 2100 年),进行了广西钦州湾红树林生态系统脆弱性的空间评价。研究结果表明,气候变化所导致的海平面上升对广西钦州湾红树林生态系统的影响主要表现在海平面上升与地壳垂直运动和沉积动力条件相互作用,改变了红树林生境高程和淹水时间,进而影响红树林生态系统的生存和分布。广西钦州湾红树林生态系统脆弱性评价的结果表明,气候变化所导致的海平面上升将对红树林生态系统产生明显的影

响。随着钦州湾地区社会经济发展,人为干扰对该地区红树林生态系统的影响日趋严重。近 20—30 年来大规模围垦海岸带红树林用于沿海地区城市和工业建设、水产养殖^[6]以及沿海环境污染和红树林病虫害等^[32]会进一步加剧海平面上升对红树林生态系统的威胁。因此,实施有效的泥沙管理(促淤工程和疏浚泥利用),开展红树林修复和重建工程以及控制大规模红树林围垦,是应对气候变化对广西钦州湾地区红树林生态系统影响的切实可行应对策略和措施,也是维持该地区海岸带社会经济发展和红树林生态系统安全的保障。

References:

- [1] Intergovernmental Panel on Climate Change. Summary for Policymakers of the Synthesis // Parry M L, Canziani O F, Palutikof P J, van der Linden P J, Hanson C E, eds. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge UK: Cambridge University Press, 2007:7-22.
- [2] Lin P. Mangrove ecosystem in China. Beijing: Science Press, 1997: 19-20.
- [3] Ellison J C. Climate Change Vulnerability Assessment and Adaptation Planning for Mangrove Systems. Washington, DC: World Wildlife Fund (WWF), 2012: 79-85.
- [4] Gilman E, Ellison J, Sauni Jr I, Tuamua S. Trends in surface elevations of American Samoa mangroves. *Wetlands Ecology and Management*, 2007, 15(5): 391-404.
- [5] Li Z. Palynological assemblage and environment evolution of the coastal zone within the last hundred years in Guangxi [D]. East China Normal University, 2010.
- [6] Meng X W, Zhang C Z. Offshore resources and current situation in Guangxi coast. Beijing: Ocean Press, 2013.
- [7] Doyle T W, Girod G F, Books M A. Modeling mangrove forest migration along the southwest coast of Florida under climate change // Preparing for a changing climate: the potential consequence of climate variability and change: Gulf Coast region. Gulf Coast Climate Change Assessment Council, Baton Rouge, LA, 2003: 211-221.
- [8] Luo Z K, Sun O J X, Wang E L, Ren H, Xu H L. Modeling Productivity in Mangrove Forests as Impacted by Effective Soil Water Availability and Its Sensitivity to Climate Change Using Biome-BGC. *Ecosystems*, 2010, 13(7): 949-965.
- [9] Fu M Z. Offshore atlas of China—Guangxi coast zone and island. Beijing: Ocean Press, 2013.
- [10] Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate change 2001: impacts, adaptation, and vulnerability // Manning M, Nobre C, eds. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2001: 21-22.
- [11] Romieu E, Welle T, Schneiderbauer S, Pelling M, Vinchon C. Vulnerability assessment within climate change and natural hazard contexts: revealing gaps and synergies through coastal applications. *Sustainability Science*, 2010, 5(2): 159-170.
- [12] Wang N, Zhang L Q, Yuan L, Cao H B. Research into vulnerability assessment for coastal zones in the context of climate change. *Acta Ecologica Sinica*, 2012, 32(7): 2248-2258.
- [13] Narayan S, Hanson S, Nicholls R, Clarke D, Willems P, Ntegeka V, Monbaliu J. A holistic model for coastal flooding using system diagrams and the Source-Pathway-Receptor (SPR) concept. *Natural Hazards and Earth System Science*, 2012, 12(5): 1431-1439.
- [14] McLeod E, Salm R V. Managing mangroves for resilience to climate change. Gland, Switzerland: The World Conservation Union (IUCN), 2006: 14-17.
- [15] Deng C L, Liu J H, Li G Z, Liang W. Geomorphological types in the coast of the Qinzhou Bay and their assessment in natural conditions. *Journal of Guangxi Academy of Sciences*, 2004, 20(3): 174-178.
- [16] Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate change 2007: synthesis report// Pachauri R K, Reisinger A, eds. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, Switzerland: IPCC, 2007:7-8.
- [17] State Oceanic Administration People's Republic of China. Bulletin of the Sea Level of China in 2012. (2013-03-07) [2013-08-12] http://www.soa.gov.cn/zwgk/hygb/zghpmgb/2012nzhghpmgb/201303/t20130307_24283.html
- [18] Leading group of Guangxi comprehensive investigations of coastal zone and tideland resources. Report of comprehensive investigations of coastal zone and tideland resources in Guangxi Zhuang Autonomous Region Vol. 6 Physiognomy Quaternary geology, 1986:20-72.
- [19] Hu H M, Huang L R, Yang G H. Recent vertical crustal deformation in the coastal area of eastern China. *Scientia Geologica Sinica*, 1993, 28(3): 270-278.
- [20] Mo Y J, Li P R, Fang G X, Tan H Z. The impacts of sea level rise on Guangxi coasts and mitigation measures. Beijing: Science Press, 1996: 66-120; 20-72.
- [21] Lu R Q. Study on the modern crustal vertical movement in Guangdong coast. *South China Journal of Seismology*, 1997, 17(1): 26-34.
- [22] National marine data and information service. 2012 Tide tables Vol. 3 From the Taiwan straits to the Beibu gulf. Beijing: Ocean Press, 2011: 454-465.
- [23] Liu L. Studies on the critical tidal elevation for mangrove

afforestation in Beibu Gulf coastal [D]. Guangxi University, 2010.

- [24] He B Y. Studies on the eco-physiological mechanisms for the key techniques in mangrove afforestation in the diurnal tidal region [D]. Xiamen University, 2009.
- [25] Pippo T D, Donadio C, Pennetta M, Petrosino C, Terlizzi F, Valente A. Coastal hazard assessment and mapping in Northern Campania, Italy. *Geomorphology*, 2008, 97(3/4): 451-466.
- [26] Gilman E, Ellison J, Coleman R. Assessment of mangrove response to projected relative sea-level rise and recent historical reconstruction of shoreline position. *Environment Monitoring Assessment*, 2007, 124(1/3): 105-130.
- [27] Kinnell P I A. The effect of slope length on sediment concentrations associated with side-slope erosion. *Soil Science Society of America Journal*, 2000, 64(3): 1004-1008.
- [28] Nicholls R J. Analysis of global impacts of sea-level rise: a case study of flooding. *Physics and Chemistry of the Earth*, 2002, 27(32/34): 1455-1466.
- [29] Nicholls R J, Hoozemans F M J, Marchand M. Increasing flood risk and wetland losses due to global sea-level rise: regional and global analyses. *Global Environmental Change*, 1999, 9(S1): 69-87.
- [30] Thieler E R, Hammar-Klose E S. National Assessment of Coastal Vulnerability to Sea-Level Rise: Preliminary Results for the U.S. Gulf of Mexico Coast. U.S. Geological Survey Open-File Report 00-179, Massachusetts, 2000: 1.
- [31] Omo-Irabor O O, Olobaniyi S B, Akunna J, Venus V, Maina J M, Paradzayi C. Mangrove vulnerability modeling in parts of Western Niger Delta, Nigeria using satellite images, GIS techniques and Spatial Multi-Criteria Analysis (SMCA). *Environ Monit Assess*, 2011, 178(1/4): 39-51.
- [32] Liu W A, Fan H Q. The occurrence and propagation conditions of four Psychidae species in mangrove. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2011, 48(6): 1850-1855.

参考文献:

- [2] 林鹏. 中国红树林生态系统. 北京: 科学出版社, 1997: 19-20.
- [5] 李珍. 广西海岸带孢粉组合特征及近百年来沉积环境演变 [D]. 华东师范大学, 2010.
- [6] 孟宪伟, 张创智. 广西近海资源与现状. 北京: 海洋出版社, 2013.
- [9] 傅命佐. 中国近海图集——广西海岛海岸. 北京: 海洋出版社, 2013.
- [12] 王宁, 张利权, 袁琳, 曹浩冰. 气候变化影响下海岸带脆弱性评估研究进展与展望. *生态学报*, 2012, 32(7): 2248-2258.
- [15] 邓朝亮, 刘敬合, 黎广钊, 梁文. 钦州湾海岸地貌类型及其开发利用自然条件评价. *广西科学院学报*, 2004, 20(3): 174-178.
- [17] 国家海洋局. 2012 年中国海平面公报. (2013-03-07) [2013-08-12]. http://www.soa.gov.cn/zwgk/hygb/zghpmgb/2012nzghpmgb/201303/t20130307_24283.html.
- [18] 广西海岸带和海涂资源综合调查领导小组. 广西壮族自治区海岸带和海涂资源综合调查报告, 第六卷, 地貌, 第四纪地质, 1986: 20-72.
- [19] 胡惠民, 黄立人, 杨国华. 中国东部沿海地区的近代地壳垂直运动. *地质科学*, 1993, 28(3): 270-278.
- [20] 莫永杰, 李平日, 方国祥, 谭惠忠. 海平面上升对广西沿海的影响与对策. 北京: 科学出版社, 1996: 66-120.
- [21] 卢汝圻. 广东沿海地区现代地壳垂直运动研究. *华南地震*, 1997, 17(1): 26-34.
- [22] 国家海洋信息中心. 2012 潮汐表第 3 册台湾海峡至北部湾. 北京: 海洋出版社, 2011: 454-465.
- [23] 刘亮. 北部湾沿海红树林造林宜林临界线研究 [D]. 广西大学, 2010.
- [24] 何斌源. 全日潮海区红树林造林关键技术的生理生态基础研究 [D]. 厦门大学, 2009.
- [32] 刘文爱, 范航清. 危害广西红树林的四种蓑蛾的发生和传播规律初探. *应用昆虫学报*, 2011, 48(6): 1850-1855.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.34, No.10 May, 2014 (Semimonthly)

CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- Landscape sustainability and landscape sustainability science ZHAO Wenwu, FANG Xuening (2453)
- A diagnostic framework of payments for ecosystem services and associated case studies
..... ZHU Wenbo, WANG Yang, LI Shuangcheng (2460)
- Progress in research of iron plaque on root surface of wetland plants
..... LIU Chunying, CHEN Chunli, GONG Xiaofeng, et al (2470)
- Ecological effects of predator chemical cues in aquatic ecosystem QIN Guangqiu, LU Haoliang, TANG Zhenzhu, et al (2481)
- Secondary substances and their ecological effects on seed dispersal in vertebrate-dispersed fleshy fruit plants
..... PAN Yang, LUO Fang, LU Changhu (2490)

Autecology & Fundamentals

- Responses of CH₄ uptake rates to simulated N deposition in a nature forest in mid-subtropical China
..... CHEN Chaoqi, YANG Zhijie, LIU Xiaofei, et al (2498)
- Ecological characteristics of *Phragmites australis* and their relationship to water-salt indicators in dry habitats of the southern
marginal zones of the Tarim Basin, China GONG Lu, ZHU Meiling, TASHPOLAT · Tiyp, et al (2509)
- Threshold effect of soil moisture on photosynthetic and physiological parameters in *Rosa xanthina* L. and its photosynthetic
productivity classification ZHANG Shuyong, XIANG Jiangbao, ZHANG Guangcan, et al (2519)
- Contrasting responses of soil respiration to litter manipulation in subtropical *Mytilaria laosensis* and *Cunninghamia lanceolata*
plantations YU Zaipeng, WAN Xiaohua, HU Zhenhong, et al (2529)
- Potassium application for increased jasmonic acid content and defense enzyme activities of wheat leaves infested by aphids
..... WANG Yi, ZHANG Yueling, SU Janwei, et al (2539)
- Combined effects of elevated O₃ concentration and reduced solar irradiance on photosynthetic activity and energy dissipation
of winter wheat SUN Jian, ZHENG Youfei, et al (2548)
- Colonization dynamics of *Bacillus cereus* B3-7 on wheat roots and control efficiency against sharp eyespot of wheat
..... HUANG Qiubin, ZHANG Ying, LIU Fengying, et al (2559)
- Quantitative study of water consumption characteristics of winter wheat under deficit irrigation
..... ZHANG Xingjuan, XUE Xuzhang, GUO Wenzhong, et al (2567)
- Assessment on the ecological fitness of anti-fungal transgenic rice LI Wei, GUO Jianfu, YUAN Hongxu, et al (2581)
- A proteomic analysis of *Arachis hypogaea* leaf in responses to enhanced ultraviolet-B radiation
..... DU Zhaokui, LI Junmin, ZHONG Zhangcheng, et al (2589)
- Composition of fatty acids from suspended particulate matter in southern South China Sea
..... LIU Huaxue, KE Changliang, LI Chunhou, et al (2599)
- The influence of age, flock size, habitat, and weather on the time budget and the daily rhythm of wintering Siberian Cranes
in Poyang Lake YUAN Fangkai, LI Yankuo, LI Fengshan, et al (2608)
- The energy budget and water metabolism heat regulation of tree sparrows *Passer montanus* of toba compensatory regeneration
..... YANG Zhihong, WU Qingming, YANG Miao, et al (2617)
- The effect of low-dose of pesticide on predation of spider and its preliminary mechanisms LI Rui, LI Na, LIU Jia, et al (2629)
- Response of the alligator weed flea beetle, *Agasicles hygrophila* (Coleoptera: Chrysomelidae) to overwintering protection and
its controlling effect on alligator weed *Alternanthera philoxeroides* (Amaranthaceae: Alternanthera)
..... LIU Yufang, WANG Xiuxiu, LI Fei, et al (2638)

Population, Community and Ecosystem

- The effect of climate change on the population fluctuation of the Siberian crane in Poyang Lake LI Yankuo, QIAN Fawen, SHAN Jihong, et al (2645)
- Characteristics of soil phosphorus fractions in wetlands with various restoration age in caizi lake, Anhui Province LIU Wenjing, ZHANG Pingjiu, DONG Guozheng, et al (2654)
- Multivariate analysis of the relations between phytoplankton assemblages and environmental factors in Chagan Lake Wetland LI Ranran, ZHANG Guangxin, ZHANG Lei (2663)
- Diversity of methanogen communities in tidal freshwater and brackish marsh soil in the Min River estuary ZENG Zhihua, YANG Minhe, SHE Chenxing, et al (2674)
- The influence of environment and phylogenic background on variation in leaf and fine root traits in the Yanhe River catchment, Shaanxi, China ZHENG Ying, WEN Zhongming, SONG Guang, et al (2682)
- Changes of soil properties in re-vegetation stages on sloping-land with purple soils in hengyang of Hunan Province, South-central China YANG Ning, ZOU Dongsheng, YANG Manyuan, et al (2693)
- Vulnerability assessment on the mangrove ecosystems in qinzhou bay under sea level rise LI Shasha, MENG Xianwei, GE Zhenming, et al (2702)
- Dynamics of biomass and productivity of three major plantation types in southern China DU Hu, ZENG Fuping, WANG Kelin, et al (2712)
- Fungal diversity in *Cunninghamia lanceolata* plantation soil HE Yuanhao, ZHOU Guoying, WANG Shenjie, et al (2725)
- Response of sandy vegetation characteristics to precipitation change in Horqin Sandy Land ZHANG Lamei, LIU Xinping, ZHAO Xueyong, et al (2737)
- Characteristics of carbon storage and sequestration of *Robinia pseudoacacia* forest land converted by farmland in the Hilly Loess Plateau Region SHEN Jiapeng, ZHANG Wenhui (2746)

Landscape, Regional and Global Ecology

- Forest microclimate change along with the succession and response to climate change in south subtropical region LIU Xiaodong, ZHOU Guoyi, CHEN Xiuzhi, et al (2755)
- Drought variations of winter wheat in different growth stages and effects of climate trend in Huang-Huai-Hai Plain, China XU Jianwen, JU Hui, LIU Qin, et al (2765)

Resource and Industrial Ecology

- A method of environment assessment of mineral resources planning for shanxi provinces base on GIS LIU Wei, DU Peijun, LI Yongfeng (2775)
- A new approach to assess the water footprint of hydropower: a case study of the Miyun reservoir in China ZHAO Dandan, LIU Junguo, ZHAO Xu (2787)

《生态学报》2014 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索生态学奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的原始创新性科研成果。特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评价和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

本期责任副主编 祖元刚

编辑部主任 孔红梅

执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 34 卷 第 10 期 (2014 年 5 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 34 No. 10 (May, 2014)

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel: (010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail: journal@ cspg. net	Distributed by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel: (010)64034563 E-mail: journal@ cspg. net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add: P.O.Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元