

雷州半岛入侵植物互花米草的遥感监测与分析*

黄焕林 李智 金文云 谭秋 赵顺

(广州草木蕃环境科技有限公司, 广东广州 510520)

摘要 为了对雷州半岛互花米草 *Spartina alterniflora* 进行监测, 基于近3年的(2016年、2017年与2018年) Landsat 5 影像和高景一号高分辨率卫星影像, 运用面向对象分类技术和 GIS 分析技术, 对湛江红树林国家级自然保护区及周边地区的互花米草信息进行提取并分析其分布范围、面积及扩散情况。研究表明, 2016—2017年间, 互花米草增加 44.02 hm², 2017年至2018年间增加 34.26 hm², 扩散速度有所下降, 但在2016年至2018年, 雷州半岛互花米草生长扩散整体呈递增趋势。

关键词 雷州半岛; 面向对象分类技术; 互花米草; 提取

中图分类号: P237 文献标志码: A 文章编号: 2096-2053 (2021) 03-0022-06

Remote Sensing Monitoring and Analysis of Invasion Plant *Spartina alterniflora* in Leizhou Peninsula

HUANG Huanlin LI Zhi JIN Wenyun TAN Qiu ZHAO Shun

(Guangzhou Caomufan Environmental Science Ltd., Guangzhou, Guangdong 510520, China)

Abstract In order to investigate and monitor *Spartina alterniflora* resources in the Leizhou Peninsula, this study based on the Landsat 5 remote-sensing data and SuperView-1 from 2016 to 2018. Object-oriented classification technology and GIS analysis technology were used to extract the information of *S. alterniflora*. The investigation area include Zhanjiang Mangrove National Nature Reserve and adjacent areas, analysising its distribution range, area and diffusion. The results showed that from 2016 to 2017, the area of *S. alterniflora* had increased 44.02 hectares, and from 2017 to 2018, it had increased 34.26 hectares. The growth of *S. alterniflora* in Leizhou Peninsula presented an increasing trend from 2016 to 2018. At the same time, the increasing speed was slowing down.

Key words Leizhou Peninsula; object-oriented classification technology; *Spartina alterniflora*; extraction

互花米草通常生长在河口、海湾等沿海滩涂的潮间带及受潮汐影响的河滩上, 具有很强的生命力, 其可以生存的土壤 pH 值范围在 4.5~8.5 之间, 盐度范围在 10%~60% 之间, 还可以忍受每天长达 12 个小时的水淹^[1]。互花米草为根状茎多年生植物, 丛生, 其无性系分株经过三、四个月

的营养生长之后就可以达到性成熟, 并于秋天开花结实。互花米草主要通过无性繁殖和有性繁殖两种方式进行扩散和传播, 主要的途径有克隆生长、断裂的根状茎繁殖以及种子繁殖等, 其中无性繁殖的主要作用是维持已建立的种群, 而有性繁殖的作用则主要体现在开拓新生境, 实现远距

* 基金项目: 保护国际基金项目(项目来源: 由广东湛江红树林国家级自然保护区管理局资助及组织)。

第一作者: 黄焕林(1992—), 男, 助理工程师, 主要从事林业生态规划、湿地与生态修复等工作, E-mail: 1196243419@qq.com。

离的扩散^[2]。

互花米草于 2006 年前后扩散至雷州半岛^[3-5]。互花米草的生物学特性是：耐盐、耐淹和耐掩埋。在生长过程中，互花米草能迅速占据沿海滩涂以及稀疏的红树林生境，对红树林的生长带来不利影响。近海生物栖息环境极易遭受破坏，主要表现为：影响滩涂养殖、堵塞航道、影响船只出港等，严重者甚至会给雷州半岛的海岸带系统生态安全带来重大威胁^[6]。因此，加强对红树林湿地及周边的互花米草的监测、管理，有利于维护沿海生态系统的稳定和可持续发展。

近年来，利用遥感数据提取和监测互花米草已有大量研究。潘卫华等^[7]利用 2000 年和 2006 年的 Landsat TM/ETM+ 影像数据，对不同地物进行光谱分析，并结合影像的 NDVI（归一化植被指数）和缨帽变换处理方式，利用决策树分类法对罗源湾互花米草进行提取。2016 年，陶艳成等^[8]利用高分一号卫星影像数据，通过运用遥感技术与野外勘查相结合的方法，对广西互花米草生长扩散现状进行监测与分析，结果显示：截至 2016 年 7 月，广西海岸潮间带互花米草分布面积为 686.43 hm²，互花米草斑块数量达 5 191 个，其中，互花米草的平均斑块面积为 0.13 hm²，最大斑块面积达 47.24 hm²。2018 年 10 月，朱玉玲等^[9]以黄河口入海两侧的 Landsat-8 OLI 影像为数据源，提取 NDVI 和缨帽变换分量等共 9 维光谱特征，构建出了融合浅层特征的 8 层深度卷积神经网络分类模型，明确了互花米草遥感监测的研究方法，并从不同的浅层特征对互花米草的监测结果进行了具体的分析。但目前，利用高分卫星影像提取雷州半岛互花米草则未见报道。鉴于雷州半岛红树林湿地生态系统的重要性，因此有必要结合多光谱遥感影像和高分辨率卫星影像数据，利用面向对象分类技术和 GIS 分析技术，对雷州半岛红树林保护小区及周边地区近 3 年（2016 年、2017 年与 2018 年）的互花米草信息进行判读、提取并分析，判断保护区及周边地区互花米草的分布范围、面积及位置变化。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

雷州半岛是中国的第三大半岛，属北热带季风气候区，地形地势比较平缓。其南隔琼州海峡，

与海南岛相呼应，南北长约 130 km，东西宽约 40~70 km，全境面积约 850.79 km²。

1.2 数据源

本研究采用的遥感数据有：Landsat 5 影像数据、高景一号卫星影像（2016 年、2017 年与 2018 年）、现场航片。

1.3 研究方法

利用互花米草耐盐、耐淹和耐掩埋的特性，其可以生长在海岸的潮间带高潮带—中潮带下部，因此，互花米草生长区域湿度都比较大，而且近海一侧的互花米草存在被海水淹没或者半淹没的现象^[10]。

首先，应用 ENVI5.3 软件将 Landsat 5 影像进行几何精校正和大气校正。对位于潮水高潮时获取的 Landsat 5 影像进行缨帽变换、湿度分量二值运算、低通滤波处理和拉普拉斯算子边缘检测等图像处理方法，提取出雷州半岛互花米草生长的“向陆边界”。接着向海 2 km 方向建立缓冲区，对高景一号卫星影像的互花米草向陆生长区域进行掩膜。这样不仅减少了工作量、提高了工作效率，还提高了互花米草提取的精度^[11]。

最后基于掩膜后的高景一号，采用面向对象分类技术和 GIS 分析技术，对雷州半岛红树林保护小区及周边地区的互花米草进行提取，再结合现场航片，剔除明显非提取目标，最终得出互花米草的分布范围、面积及扩散情况。互花米草提取过程可详见图 1。

面向对象分类技术是根据临近像素亮度、纹理以及颜色等特征，对影像进行分割，它使用了一种基于边缘的分割算法，此算法具有计算速度快、参数输入简便的优点，其可以产生多尺度分割的结果^[8]。经过多次试验，高景一号卫星图像分割采用基于边缘检测算法，分割阈值（Scale Level）设置为 40 时，合并具有类似的颜色和边界大小相邻节段；合并阈值（Merge Level）设置为 85，纹理内核的大小设置为 3，此时分割效果最好，适用于研究区域的地物提取，图 2 为影像图上地物的分割效果示意。



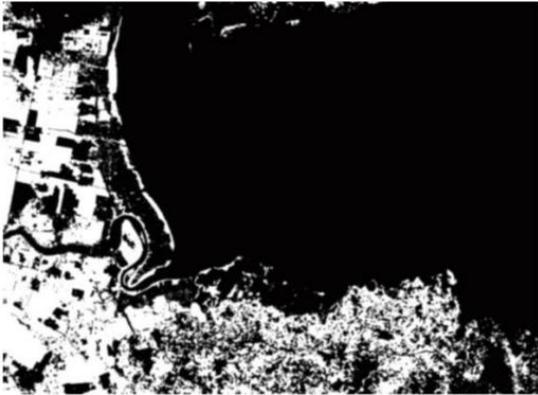
a 缨帽变换后的湿度分量

a The moisture component of the tasseled hat after transformation



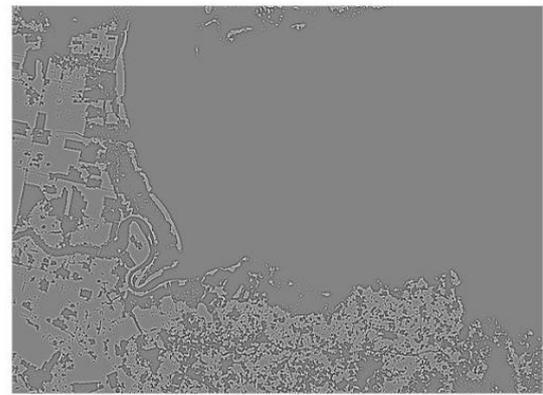
b 湿度分量二值化处理

b Humidity component binarization processing image



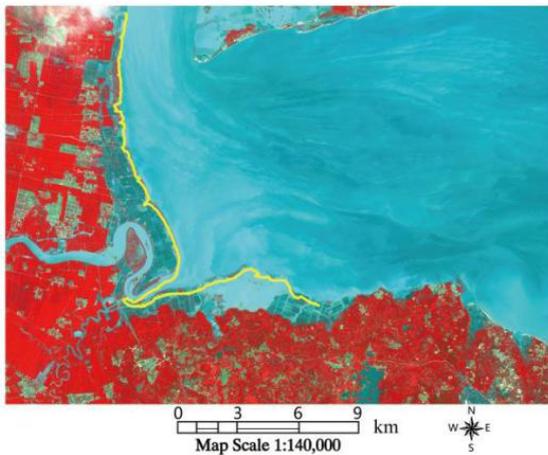
c 高斯低通滤波平滑处理

c Gaussian low pass filter smoothing processing



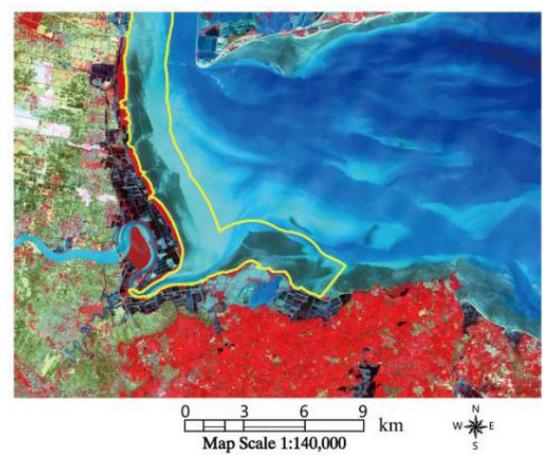
d 拉普拉斯算子边缘检测

d Laplace operator edge detection



e 向陆生长边界提取

e Landward growth boundary extraction



f 互花米草的适宜生长范围

f Suitable growth range of *S. alterniflora*

图 1 互花米草向陆生长范围掩膜确定

Fig.1 Setting the shoreward growth boundary of *Spartina alterniflora*

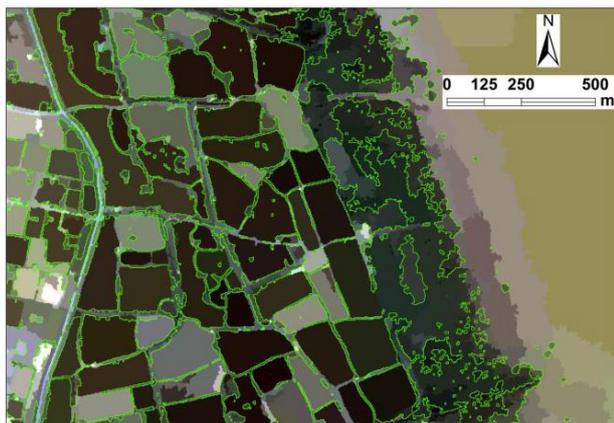


图2 高景一号图像地物分割效果

Fig.2 Object segmentation effect of SuperView-1

由于研究区域范围较大,可根据雷州半岛各个保护小区的分布,对雷州半岛的互花米草分布情况进行分区域判读与提取,最后得出雷州半岛互花米草的分布区域,详见图3。



图3 雷州半岛互花米草分布范围示意

Fig.3 Distribution range diagram of *Spartina alterniflora* in Leizhou Peninsula

2 结果与分析

通过2016年、2017年和2018年这3年雷州半岛保护小区及周边区域的遥感影像,将提取出的互花米草分布数据加载至ArcGIS10.5进行叠加计算,得到2016—2018年间雷州半岛互花米草分布区域和面积变化,其分布范围共有10个区域,详见下表1。

表1 2016—2018年雷州半岛的各区域互花米草分布面积 hm^2
Tab. 1 The distribution area of *Spartina alterniflora* in each region of Leizhou Peninsula from 2016 to 2018

分布区域 Distribution	县(市、区) County	面积 Area		
		2016年	2017年	2018年
附城北家	雷州市	6.77	19.59	22.66
麻章北山港—龟头港	麻章区	46.31	47.07	65.34
锦和六极岛—新寮南湾	徐闻县	3.93	4.90	8.79
民安西湾村	麻章区	1.46	4.03	4.41
草潭旧庙—杨柑新埠—界炮北潭	遂溪县	10.77	12.71	18.68
新寮三丰—西山角	徐闻县	0.49	0.65	1.07
廉江高桥—车板	廉江市	1.73	2.06	2.63
坡头南三水—石龙海	坡头区	6.59	6.68	6.93
和安公港—金鸡	徐闻县	2.49	2.84	2.87
雷高北坛	雷州市	0.23	23.26	23.67
合计	雷州半岛	80.77	123.79	157.05

根据表1可知,2016年、2017年、2018年雷州半岛互花米草的面积分别为80.77、123.79、157.05 hm^2 。

截至2018年,互花米草分布面积较大的区域由大至小依次为:麻章北山港—龟头港(65.34 hm^2) > 雷高北坛(23.67 hm^2) > 附城北家(22.66 hm^2) > 草潭旧庙—杨柑新埠—界炮北潭(18.68 hm^2),其他区域互花米草分布相对分散且面积较小。

根据上表1计算可得出2016—2018年雷州半岛互花米草的增长率和涨幅,相关数据详见表2。

表2 2016—2018年雷州半岛互花米草的扩散趋势 %
Tab. 2 The growth of *Spartina alterniflora* in Leizhou Peninsula from 2016 to 2018

分布区域 Distribution	<i>M</i>	<i>N</i>	Δ
附城北家	189.39	15.68	-173
麻章北山港—龟头港	1.64	38.81	37
锦和六极岛—新寮南湾	24.68	79.39	55
民安西湾村	176.03	9.43	-166
草潭旧庙—杨柑新埠— 界炮北潭	18.01	46.97	29
新寮三丰—西山角	32.65	64.62	32
廉江高桥—车板	19.00	27.75	9
坡头南三水—石龙海	1.37	3.74	2
和安公港—金鸡	14.06	1.06	-13
雷高北坛	10 013.04	1.76	-10 011

注：*M*表示2016—2017年互花米草的增长率；*N*为2017—2018年互花米草的增长率； Δ 表示面积增幅。

Note: *M* represents the growth rate of *Spartina alterniflora* from 2016 to 2017; *N* represents the growth rate of *Spartina alterniflora* from 2017 to 2018; Δ represents increasing range of *S. alterniflora*.

从2016—2017年互花米草的增长率来看，雷高北坛互花米草的增长率最高，其扩散趋势最大，根据图4 2016年和2017年的该区域高清卫星影像图对比分析可知，2016年该区域的农田基本上无互花米草分布，2017年互花米草则遍布农田区域，

分布范围达23.26 hm²。

此外，附城北家和民安西湾村周边区域的米草的面积在2016和2017年这两年间也呈快速扩散的趋势。

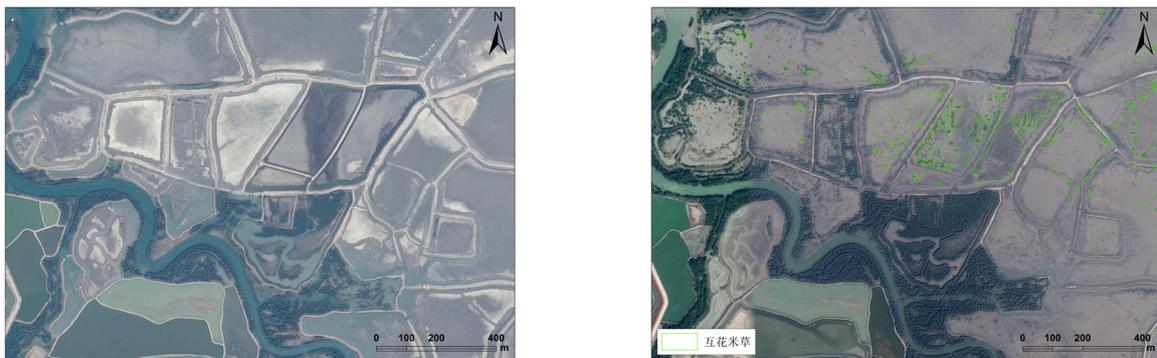
根据前文图表可知，雷高北坛、附城北家、民安西湾村、和安公港—金鸡等4个分布区域涨幅回落，即互花米草扩散速度减缓，其中，雷高北坛互花米草扩散速度减缓最快，后者依次为附城北家、民安西湾村、和安公港—金鸡，导致互花米草扩散速度下降的原因可能是互花米草生长环境变化或者受到外界干扰，如人为清理、生长环境由滩涂、农田、盐碱地变为养殖塘或者港湾码头等。

3 结论与讨论

在2016年—2018年间，雷州半岛的互花米草生长扩散整体呈递增趋势。2016年—2017年间，互花米草增加44.02 hm²，2017年—2018年间增加34.26 hm²，扩散速度整体有所下降。总体而言，雷州半岛的互花米草分布及扩散主要呈现以下特点。

(1) 互花米草生长多分布于沿海红树林靠海一侧或稀疏红树林内部，植被外貌呈圆饼状或扁长圆形。

(2) 互花米草主要分布于雷州半岛东海岸，以雷州湾、新寮南湾为主要分布中心；在西海岸则未见分布；在雷州半岛北面廉江高桥、杨柑新埠和草潭旧庙等红树林保护小区均有分布，预计



注：左图为2016年该区域互花米草分布，右图为2017年互花米草入侵分布。

Note: the figure on the left was the distribution of *Spartina alterniflora* in 2016, and the other was the invasion of *S. alterniflora* in 2017.

图4 2016年和2017年雷高北坛区域互花米草扩散分布

Fig. 4 The current situation of *Spartina alterniflora* diffusion in Leigao Beitan region in 2016 and 2017

将进一步持续扩散。

(3) 根据现场调查和分析, 沿海陆域存在大面积晒盐场的沿海滩涂区域, 一般互花米草分布较广, 扩散范围大, 如麻章北山港、草潭旧庙、杨柑新埠、和安公港和新寮南湾等红树林保护小区及附近, 这些区域周边皆存在着晒盐场, 其周边的滩涂盐度较大, 互花米草作为典型耐盐植物能正常生长并迅速扩散、占领整个滩涂, 导致一般盐沼植物无法生长, 破坏近海生物栖息环境、堵塞航道, 影响船只出港甚至会给雷州半岛的海岸带系统生态安全带来严重威胁。

因此, 加强对雷州半岛互花米草扩散规律和动态监测将是未来工作中的重点, 故笔者建议如下。

(1) 可充分利用无人机航拍技术, 有针对性、分区、大面积地开展雷州半岛的互花米草监测工作, 及时掌握互花米草扩散情况以及发现互花米草新扩散区域, 进而及时有效控制互花米草的扩散速度。

(2) 量化评估互花米草入侵风险, 对其进行生态风险防控分区, 从而有针对性的进行防治工作。

(3) 加强互花米草综合防控技术研究, 尽早开展沿海生态治理工作, 让荒废的滩涂除草(互花米草)造林(红树林), 构建沿海防护林第一道绿色屏障, 恢复沿海湿地生态。

参考文献

- [1] 王卿, 安树青, 马志军, 等. 入侵植物互花米草: 生物学、生态学及管理[J]. 植物分类学报, 2006, 44(5): 559-588.
- [2] 关道明. 中国滨海湿地米草盐沼生态系统与管理[M]. 北京: 海洋出版社, 2009.
- [3] AN S Q, GU B H, ZHOU C F, et al. *Spartina* invasion in China: implications for invasive species management and future research[J]. Weed Research, 2007, 47: 183-191.
- [4] STRONG D R, AYRES D R. Ecological and evolutionary misadventures of *Spartina*[J]. Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics, 2013, 44(1): 389-410.
- [5] 郭欣, 潘伟生, 陈粤超, 等. 广东湛江红树林自然保护区及附近海岸互花米草入侵与红树林保护[J]. 林业与环境科学, 2018, 34(4): 58-63.
- [6] 程延. 中国向入侵生物开战[J]. 生命与灾害, 2003(5): 10-12.
- [7] 潘卫华, 陈家金, 李丽纯, 等. 福建罗源湾互花米草的遥感动态监测[J]. 中国农学通报, 2009(13): 224-227.
- [8] 陶艳成, 潘良浩, 范航清, 等. 广西海岸潮间带互花米草遥感监测[J]. 广西科学, 2017, 24(5): 483-489.
- [9] 朱玉玲, 王建步, 王安东, 等. 融合浅层特征的深度卷积神经网络互花米草遥感监测方法[J]. 海洋科学, 2019(7): 12-20.
- [10] HOWES B L, DACEY J W, GOEHRINGER D D. Factors controlling the growth form of *Spartina alterniflora*: feedbacks between above-ground production, sediment oxidation, nitrogen and salinity[J]. Journal of Ecology, 1986, 74(3): 881-898.
- [11] 杨俊芳. 现代黄河三角洲入侵植物互花米草遥感监测与分析[D]. 青岛: 中国石油大学, 2017.