

文章编号:1001—7380(2024)02—0043—05

互花米草在江苏海岸的扩散现状及防治对策

安玉亭, 陈志洲, 陈国远, 殷 鹏, 高志东, 李春荣*

(江苏盐城国家级珍禽自然保护区管理处, 江苏 盐城 224057)

摘要:互花米草作为我国沿海滩涂危害最大的外来植物,其防治已成为江苏省滨海湿地管理与保护的重要工作。(1)江苏省互花米草呈现出面积大、分布广、繁殖能力强、扩散风险高、治理难度大等特点。(2)不同治理技术各有优缺点,配合使用不同的综合治理技术,对环境影响较小,治理效果较好。(3)总结提出了构建预警监测体系、优化综合治理技术、降低人为干扰、强化科技支撑、开展治理后生态修复、构建长效管理和全民参与机制的防治策略,为其他地区互花米草的治理工作提供借鉴。

关键词:江苏省;沿海滩涂;互花米草;防治对策

中图分类号:Q949.71⁺4.2;S451.1

文献标志码:A

doi:10.3969/j.issn.1001-7380.2024.02.007

Current status and eradication strategy of invasive alien plants *Spartina alterniflora* in coastal zones of Jiangsu Province

An Yuting, Chen Zhizhou, Chen Guoyuan, Yin Peng, Gao Zhidong, Li Chunrong*

(Jiangsu Yancheng Wetland National Nature Reserve, Rare Birds, Yancheng 224057, China)

Abstract: *Spartina alterniflora*, as the most invasive species in the coastal wetlands of China, is particularly serious in the coast zones of Jiangsu Province. The prevention and control of *Spartina alterniflora* has become an important working of coastal wetland management and protection in Jiangsu Province. The analysis shows: (1) The *Spartina alterniflora* in Jiangsu Province has many characteristics such as large area, wide distribution, strong reproductive ability, high diffusion risk, and difficult management. (2) Different control technologies have their own advantages and disadvantages, and the integrated control technology combined with different technologies can usually achieve better control effect. (3) Exploratory prevention and control strategies have been proposed, including Building a warning and monitoring system, optimizing comprehensive governance technologies, reducing human interference, strengthening technological support, coordinating ecological restoration, establishing long-term management and public participation mechanisms. These strategies provide reference for the management of *Spartina alterniflora* in other regions.

Key words: Jiangsu Province; Coastal wetland; *Spartina alterniflora*; Prevention and control strategies

互花米草 (*Spartina alterniflora*) 原产美洲大西洋沿岸及墨西哥湾,是一种多年生禾本科草本植物^[1]。为了保滩护岸、促淤造陆及改良土壤等目的,互花米草于1979年被引入中国^[2],由于其生长

速度快、耐盐能力强、繁殖速度快等特点,互花米草在我国东部沿海地区迅速蔓延^[3],分布面积快速扩张,特别是在江苏沿海,已经形成全国面积最大的互花米草人工盐沼。互花米草引入初期确实发挥

收稿日期:2024-01-30;修回日期:2024-02-27

基金项目:国家重点研发计划“滨海湿地生态系统近自然修复关键技术研发及应用”课题五“典型滨海湿地水文-水质-沉积物-生物多要素协同修复技术集成与示范”(2023YFF1304505)

作者简介:安玉亭(1986-),男,河北石家庄人,硕士,高级工程师。主要研究方向为自然保护区管理。E-mail: 190642221@qq.com

* **通信作者:**李春荣(1974-),男,江苏盐城人,大学本科毕业,高级工程师。主要从事野生动物保护工作。E-mail: 306187639@qq.com

了一定的生态和经济效益,但也逐渐带来一系列危害,主要表现为互花米草大面积挤占原生植物的生态位,导致湿地生物多样性逐渐降低,最终威胁江苏沿海湿地生态系统安全^[4-5]。为有效遏制互花米草扩散态势,降低其对生态环境的负面影响,江苏省多措并举推进互花米草治理工作,明确了未来3 a互花米草的除治计划,编制了互花米草除治技术手册,互花米草防治成为江苏省滨海湿地管理与保护的重要内容。

目前关于互花米草的治理方法和防控措施等方面研究较多,主要通过物理、化学、生物和综合管理的方式以达到根除和控制互花米草的目的^[6-10]。基于文献分析和资料调研,本文分析了江苏省互花米草的分布及生物学特征,梳理了不同治理技术的优缺点与适用性,总结了江苏省互花米草防治的应对策略,以期为其他地区的互花米草治理工作提供参考。

1 分布概况

通过对江苏省沿海区域 2022 年 7—9 月遥感影像进行解译分析,结合现场实地调查验证,江苏省沿海互花米草分布面积达 $2.44 \times 10^4 \text{ hm}^2$,是全国分布面积最大的省份^[11]。目前,江苏省互花米草面积约占全省滨海湿地面积的 2%。沿海各设区市均有互花米草分布,盐城市面积为 $1.55 \times 10^4 \text{ hm}^2$,占全省互花米草分布总面积的 64%,面积最大;南通市面积为 $0.76 \times 10^4 \text{ hm}^2$,占全省互花米草分布总面积的 31%;连云港市面积为 $0.13 \times 10^4 \text{ hm}^2$,占全省互花米草分布总面积的 5%,面积最小,具体分布见图 1。

2 生物学特性

2.1 形态学特性

江苏沿海地区互花米草长势旺盛^[12]。根系尤为发达,植株茎秆坚韧、直立,茎节具叶鞘,叶腋有腋芽;叶互生,呈长披针形,具盐腺,根吸收的盐分大都由盐腺排出体外,因而叶表面往往有白色粉状的盐霜出现;两性花,圆锥花序,子房平滑,两柱头很长,呈白色羽毛状,花药成熟时纵向开裂,花粉黄色;种子通常 8—12 月成熟,胚呈浅绿色或蜡黄色。

2.2 繁殖和传播特性

互花米草的繁殖方式为有性繁殖和无性繁殖^[13]。有性繁殖通过种子开拓新生境,江苏沿海滩涂互花米草生境中,每平方米互花米草的种子量可



图 1 全省互花米草分布

高达几百万粒,种子秋末成熟脱落后保持休眠状态至翌年春天。无性繁殖通过根状茎和断落的营养片段进行繁殖,互花米草依赖根状茎的迅速延伸进行局部扩张,根状茎通常有数节至十多节,在地下横向伸长,光滩上的零星草丛每年可向四周辐射延伸数米。在江苏沿海地区入侵带的前沿,相互隔离的互花米草繁殖体主要依靠营养繁殖扩大分布并最终连接成片,新形成繁殖体通过极强的萌蘖能力和根状茎快速生长来扩大种群。

2.3 生理学特性

江苏沿海滩涂由于海水经常补给土壤盐分,滩涂盐土的含盐量较高,一般在 6‰以上,正好处于互花米草最适盐度(10‰)的范围内^[14]。由于潮汐作用,沿海滩涂会有规律的被潮水淹没,造成其他植物缺氧,互花米草高度发达的通气组织为地下部分输送氧气,缓解淹水所导致的缺氧。互花米草在较高的氮素和硫化物水平下具有竞争优势,所以生境污染和富营养化导致种间竞争的结果,促进其入侵和扩张,同时互花米草可通过硫的释放对其他盐沼植物产生毒害,从而影响土著植物生长和分布^[15]。

3 治理方式

互花米草治理技术包括物理治理技术、化学治理技术、生物控制技术和综合治理技术。不同技术各有优缺点和适用性,治理效果也有较大差异,需因地制宜地采取不同治理方法。

3.1 物理治理技术

物理除治方法包括人工挖除、刈割、围淹、深度翻耕、遮阴等。一般不会造成环境污染,短期内对

生物可能有一定干扰,但不会对环境和本土生物产生长期、不可逆的影响,互花米草治理完成后本土生物和生境一般可逐渐自然恢复。

人工挖除:利用人工将整株互花米草连根挖除或拔除,以4—6月幼苗期作业最佳。

刈割:互花米草萌发时(5月)及种子成熟前(9月),利用浮筒式挖掘机、机耕船、割草机、履带式还田机等进行刈割,单个治理单元内的互花米草宜在7 d内割完,刈割后植株地上部分残茬高度应低于5 cm。

围淹:根据互花米草分布边界,外延50—100 m设置围堰形成治理区闭合圈,并通过隔堤建设划分若干个相对独立的治理单元,在单个治理单元刈割作业结束后7 d内,通过输水体系和引排水设施,引入陆域淡水或海域海水进行放水淹地,淹水水深应维持在不低于60 cm,持续性淹水时间不低于180 d。

深度翻耕:互花米草萌发至种子成熟前,直接用机械翻挖互花米草,深度要求达到80 cm以上。将根系朝上、茎叶朝下反扣并多次下压,使互花米草植株全部压入淤泥中深埋至少80 cm,阻断氧气传输,将滩面压实平整。

覆盖遮荫:利用黑色遮荫网、黑色塑料薄膜等透光率低的覆盖物遮盖刈割后的互花米草残茬,抑制其光合作用致其死亡。持续性遮荫时间应不低于180 d。

3.2 化学治理技术

化学治理技术一般是施用除草剂灭杀互花米草,简单易行,但可能对环境和本土生物产生负面影响。

利用农用无人机等,在互花米草植株萌发20—30 cm株高时进行化学药剂的均匀喷洒,确保所有活体植株均被喷洒到,其后6 h内应避免潮水和降水干扰。在互花米草生长季内宜喷药2—3次。

3.3 生物控制技术

生物控制技术是利用植食性动物直接取食方式控制互花米草或用竞争力强的本地植物取代互花米草的生态学防治技术。

结合麋鹿(*Elaphurus davidianus*)喜食互花米草的特性,将麋鹿与互花米草结合,通过麋鹿等草食

动物调控互花米草的时空分布格局,借助合理化管理进行分类利用与管理,可降低互花米草优势度,增加生物多样性并且维持其保滩促淤作用^[16]。利用本土植物芦苇(*Phragmites australis*)、碱蓬(*Suaeda heteroptera* Kitog)对互花米草进行生物替代,使用该类技术时一般需要先利用物理或化学方法清除互花米草,然后种植本土植被,以巩固治理效果并恢复本土生态系统。

3.4 综合治理技术

江苏省根据以前的治理成果,同时结合福建、山东的大规模实践,多角度探索互花米草治理路线,把不同治理技术配合使用,制定出多种方式联用的互花米草高效综合治理方法^[17],主要包括:刈割+围淹、刈割+深度翻耕、刈割+遮荫、隔离潮沟+刈割+陷阱(见表1)。

根据江苏海岸带的现状,单一的防控方式很难达到互花米草治理的目的,采用综合防控技术对环境影响较小,效果更好。江苏海岸带区域互花米草综合治理措施如下:对于大规模成片分布的互花米草,采用“刈割+围淹”的治理方式;对于中等规模分布的互花米草,采用“刈割+深度翻耕”的治理方式;对于小规模分布或零星分布的互花米草,采取“刈割+遮荫”的方式进行治理;考虑到江苏省海岸带具有北部侵蚀型与南部淤积型并存的特征,在苏北海岸线近海水侧采用“隔离潮沟+刈割+陷阱”的治理方式。

4 防治策略

4.1 动态监测,构建预警监测体系

通过无人机技术、遥感技术和现场调查相结合的方式,构建“空天地”一体协同的监测网络。首先加强无人机和遥感动态监测^[18],大范围的收集互花米草的种群规模和当地的环境信息。其次利用人工智能和现地巡查等手段,持续开展互花米草治理调查和跟踪监测,及时掌握互花米草的动态变化。最后结合遥感和人工监测数据,利用遥感估算模型技术^[19],对互花米草的入侵、扩散动态进行模拟,并根据模拟效果,预测互花米草可能发生入侵的潜在区域和已经发生入侵行为的重点区域,实现早期预警,做到“早发现、早治理”。

表 1 不同互花米草综合治理方法对比分析

除治方法	除治原理	适用范围	治理效果
刈割+围淹	阻断有性繁殖:通过适时刈割,阻止互花米草成熟种子的形成,切断其有性繁殖途径。阻断无性繁殖:通过深度淹水,破坏互花米草地下根茎繁殖力,阻断其无性繁殖途径。阻断氧气传输:通过深度淹水,阻断氧气传输,使互花米草地下根茎缺氧死亡	适用于低、中、高潮位滩涂,特别是互花米草大规模连片分布、且陆域淡水或海域海水引入便捷的区域	除治率 95%以上
刈割+深度翻耕	阻断有性繁殖:通过适时刈割,阻止互花米草成熟种子的形成,切断其有性繁殖途径。阻断无性繁殖:通过深度翻耕,破坏互花米草地下根茎繁殖力,阻断其无性繁殖途径。阻断氧气传输:通过压埋,阻断氧气传输,使互花米草地下根茎缺氧死亡	适用于低、中潮位滩涂,特别是互花米草中等规模连片分布、且滩涂底质较松软的区域	除治率 90%以上
刈割+遮荫	阻断有性繁殖:通过适时刈割,阻止互花米草成熟种子的形成,切断其有性繁殖途径。阻断光合作用:通过覆盖遮荫,阻断互花米草正常的光合作用而使其死亡	适用于中、高潮位滩涂,特别是互花米草小规模或零星分布的区域	除治率 90%以上
隔离潮沟+刈割+陷阱	阻断有性繁殖:通过适时刈割,阻止互花米草成熟种子的形成,切断其有性繁殖途径。阻断扩散源头:通过隔离潮沟、种子捕获陷阱等手段,防止互花米草地下根茎向外蔓延及种子的四处飘散,阻断其扩散源头达到防治效果	适用于低、中潮位滩涂,特别是互花米草除治后的滩涂,以及侵蚀性海岸带需要暂时保留互花米草以保滩促淤的区域	充分发挥保滩促淤作用,刈割除治率可达 90%以上

4.2 因地制宜,优化综合治理技术

复杂多变的地理环境给互花米草治理带来很大难度,不同地理环境中需要不同的治理技术。在互花米草防治过程中,分布面积较小的新入侵区域可以采取物理防治方法。对于大面积互花米草防治区域可以采用刈割的方法,但要选择合适的刈割时间,在营养生长期刈割可获得最好的防治效果,但单次刈割很难完全清除互花米草^[20]。在潮汐频繁浸淹的区域,可以采取刈割加淹水的综合治理技术,会取得更好的防治效果,也能降低防治成本^[21]。化学防治方法一般有较好的清除效果^[22],在新入侵的小区域,简单易行,利用飞机喷药可以实现大面积的防治,但由于可能产生环境污染,应该慎重使用。江苏省沿海各市区应采用因地制宜的综合治理技术,坚持保护环境和科学治理并重,确保治理效果的前提下,将生态环境影响降到最低。

4.3 科学规划,降低人为干扰

为降低大型机械施工对野生动物休息和觅食的影响,互花米草治理期间需合理安排施工时段和施工方式。(1)野生鸟类和兽类大多是晨、昏(早晨、黄昏)或夜间外出觅食,正午是鸟类休息时间^[23],尽量避免施工。(2)每年的 11 月至翌年的 2 月,大批候鸟会飞到江苏沿海滩涂来越冬^[24],因此,施工时间应尽量避开鸟类的越冬期。(3)强光刺激影响鸟类视觉,从而影响夜间捕食^[25],因此夜间施工应避免使用强光灯具。

4.4 积极探索,强化科技支撑

在互花米草治理过程中应组织专家开展咨询论证评估工作,为互花米草治理提供技术支撑。一

是加强互花米草治理技术及效果研究,充分应用国内外互花米草治理研究成果,总结山东、上海等地区开展大规模互花米草治理的技术和模式^[26-27],统筹核算各项治理措施的投资成本,筛选出防治效果好、可行性高、经济成本较低、环境影响小的技术方案,为互花米草治理工作提供科学指导。二是优化升级互花米草治理装备,根据互花米草治理技术特征、地理环境和地质条件等因素,研发和改装互花米草治理专业机械设备^[28],提高治理效率,降低治理成本。同时,鼓励科研机构和企业共同实施规模化互花米草治理工程,在实践中进一步优化综合治理技术,研发新技术,保障互花米草先进治理技术的落地性。

4.5 同步推进,开展治理后生态修复

根据江苏省滨海湿地生态系统特点,按照“宜林则林、宜草则草、宜滩则滩”的原则,同步开展除治后滩涂修复工作。在互花米草治理完成的区域,实施湿地生态修复、鸟类栖息地营造等工程^[29-30],统筹考虑主要生态功能及候鸟、麋鹿等保护对象,对适宜开展植被修复的除治区,通过恢复芦苇、碱蓬、柹柳等乡土植物,构建湿地植物群落,形成海岸植被防护体系;对不宜开展植被修复的除治区、鸟类高潮位栖息地及觅食地等,保留光滩进行自然恢复。通过实施生态修复工程,优化海岸带生态空间布局,丰富滨海湿地生物多样性,提升滨海岸线生态系统稳定性和服务功能。

4.6 科学谋划,构建长效管理和全民参与机制

健全互花米草治理管理机制是保障治理成果的重要措施。一方面针对互花米草极强的繁殖能

力和扩张能力,建立健全滩涂管护长效机制^[31]。江苏省沿海各地应持续做好互花米草治理后续跟踪,落实管护责任,及时清除复萌植株,巩固互花米草治理成果;建立日常巡护制度,组织专业队伍、聘用专管员实施网格化管理,对复发或新入侵互花米草及时清除,保证治理成效。另一方面引导公众对互花米草治理建言献策,建立公众参与激励机制。积极开展互花米草治理方面的科学普及宣传教育,综合运用电视、报纸、互联网等载体,广泛宣传互花米草的危害性和维护湿地生态安全的重要性,引导广大群众特别是沿海周边居民积极参与互花米草治理工作;调动公众参与互花米草防治的积极性,支持公益组织、社会团体、志愿者参与治理工作,在全社会形成治理互花米草的合力。

参考文献:

- [1] ZHANG D, HU Y, LIU M, et al. Introduction and spread of an exotic plant, *Spartina alterniflora*, along coastal marshes of China [J]. Wetlands, 2017, 37(6): 1181-1193.
- [2] ZHENG S, SHAO D, ASAEDA T, et al. Modeling the growth dynamics of *Spartina alterniflora* and the effects of its control measures [J]. Ecological Engineering, 2016, 97: 144-156.
- [3] LI B, LIAO C Z, ZHANG X D, et al. *Spartina alterniflora* invasions in the Yangtze River estuary, China: An overview of current status and ecosystem effects [J]. Ecological Engineering, 2009, 35(4): 511-520.
- [4] 解雪峰,孙晓敏,吴涛,等.互花米草入侵对滨海湿地生态系统的影响研究进展[J].应用生态学报,2020,31(6): 2119-2128.
- [5] 姜少玉,陈琳琳,闫朗,等.互花米草入侵对黄河三角洲秋季底栖食物网的影响[J].应用生态学报,2021,32(12): 4499-4507.
- [6] 赵相健,李俊生,柳晓燕,等.刈割加遮荫对互花米草生长和存活的影响[J].广西植物,2017,37(3): 303-307.
- [7] 乔沛阳,王安东,谢宝华,等.除草剂对黄河三角洲入侵植物互花米草的影响[J].生态学报,2019,39(15): 5627-5634.
- [8] 陈振忠.闽南沿海滩涂互花米草生物替代治理技术研究[J].安徽农学通报,2016,22(14): 117-119.
- [9] 赵燕,王森,杨文清,等.中国互花米草防治措施研究进展及展望[J].生物安全学报,2022,31(3): 210-216.
- [10] 谢宝华,韩广轩.入侵植物互花米草防治:理念、技术与实践.中国科学院院刊,2023,38(12): 1924-1938.
- [11] 乔沛阳.黄河三角洲入侵植物互花米草物理、化学防治研究[D].呼和浩特:内蒙古大学,2019:18-19.
- [12] 赵晖,康晓光,朱正杰,等.江苏海岸带互花米草防治策略探讨[J].湿地科学与管理.2023,19(6): 77-80.
- [13] 郑浩,刘明月,杨晓芳,等.中国大陆沿海地区互花米草生长特征及其对环境因子的响应[J].草地学报.2022,30(11): 3026-3034.
- [14] XIE B H, HAN G X, QIAO P Y, et al. Effects of mechanical and chemical control on invasive *Spartina alterniflora* in the Yellow River Delta, China[J]. Peerj, 2019, 7(8): e7655.
- [15] 刘永学,李满春,张忍顺.江苏沿海互花米草盐沼动态变化及影响因素研究[J].湿地科学,2004(2): 116-121.
- [16] 孙义,何冬梅,姬文翔,等.互花米草防治和麋鹿保护的系统耦合作用——基于自然的解决方案[J].生态学报,2024,44(5): 1-11.
- [17] 李飞飞,高珂晓,朱金方,等.综合物理防控技术对盐城大丰港互花米草的控制效果[J].生态学报,2021,41(24): 9637-9644.
- [18] 汪煜,谈俊忠,张梅,等.基于无人机遥感的互花米草长势参数提取与相关性分析[J].海洋环境科学,2024,43(1): 100-108,118.
- [19] 杨晓芳,满卫东,刘明月,等.浙江滨海湿地互花米草生物量遥感估算模型研究[J].遥感技术与应用,2023,38(6): 1445-1454.
- [20] 平原,张利权.物理措施控制互花米草的长期效果研究[J].海洋环境科学,2010,29(1): 32-35.
- [21] 陈正勇,王国祥,刘金娥,等.淹水调控对互花米草生长的影响[J].环境科学研究,2011,24(9): 1003-1007.
- [22] 莫雪,吴博,刘佳凯,等.施用咪唑烟酸除草剂去除漳江口红树林中互花米草的短期实验[J].湿地科学,2022,20(2): 277-284.
- [23] 李春荣,李雅,张涛,等.江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区缓冲区鸟类种群组成及年际间变化[J].中国禽业导刊.2023,40(10): 39-43.
- [24] 王玄,崔鹏,丁晶晶,等.江苏南部沿海越冬水鸟群落结构及多样性分析[J].南京林业大学学报(自然科学版),2021,45(5): 178-184.
- [25] 王姝,赵伟,朱国宇.人工照明对拉鲁湿地鸟类的影响初探—以拉萨市环城路市政工程为例[J].能源环境保护,2013,27(1): 9-13.
- [26] 谢宝华,闫振宁,张树岩,等.不同潮滩生境互花米草的植被性状与治理技术[J].环境工程,2023,41(6): 1-8,16.
- [27] 顾燕飞.崇明东滩互花米草生态控制的施工技术及效果[J].上海交通大学学报(农业科学版),2019,37(5): 83-88.
- [28] 王洁.带水刈割互花米草技术在生态工程中的运用[J].上海建设科技,2018(5): 73-75.
- [29] 宋厚燃,顾宽海,谢立全,等.淤泥质滨海湿地修复技术及综合利用:以滨州套尔河河口生态湿地为例[J].环境工程,2023,41(S2): 973-977.
- [30] 张雅卓,石蕊.鸟类栖息地营建研究与实践——以天津大黄堡湿地自然保护区为例[J].湿地科学与管理,2022,18(5): 46-50.
- [31] 谢宝华,韩广轩.外来入侵种互花米草防治研究进展[J].应用生态学报,2018,29(10): 3464-3476.