



水生生物资源养护先进技术系列连载（十七）



海马齿生态修复技术

福建水产研究所

目 录

CONTENT

一、工作背景	二、技术原理	三、技术方法	四、工作成效	五、典型案例	六、相关建议
<p>(一) 当前海水养殖存在的问题</p> <p>(二) 如何解决当前存在的问题</p> <p>(三) 海马齿可用于海水生态修复</p>	<p>(一) 植物根际效应</p> <p>(二) 植物吸收固定</p>	<p>(一) 海马齿生态适宜性</p> <p>(二) 海马齿生态移植扩繁装置构建</p> <p>(三) 海马齿移植扩繁技术研发</p> <p>(四) 海马齿综合修复效果评价</p> <p>(五) 海马齿修复技术应用示范</p>	<p>(一) 技术规范制定</p> <p>(二) 技术应用推广</p>	<p>(一) 福建东山基地</p> <p>(二) 福建莆田基地</p> <p>(三) 福建宁德基地</p> <p>(四) 海南文昌基地</p>	<p>(一) 应用前景</p> <p>(二) 有关建议</p>



工作背景



(一) 当前海水养殖存在的问题



陆源污染排放入海

- 由于陆源污染输入以及过度无序海水养殖等原因，导致局部海域富营养化，生态环境受到破坏，病害和赤潮发生几率增加，造成了养殖从业者的经济损失。



养殖户使用冰鲜野杂鱼投喂



养虾高位池



工作背景



(二) 如何解决当前存在的问题

- ❑ 解决问题的关键是要选择安全、有效、经济的技术修复养殖水体。



- 开放性海域如何修复是一个难题，生态原位修复是一个重要途径，但要解决修复连续性的问题。



- 海水陆基养殖如何处理尾水，原位和异位修复都可以，需要考虑经济、有效、可持续性的问题。



工作背景



（三）海马齿可用于海水生态修复

□ 海马齿 *Sesuvium portulacastrum* L.

- 别名：滨水菜、蛄螯菜或猪母菜
- 分类学地位：番杏科，海马齿属
- 地理分布：福建、台湾、广东、海南及东沙岛等近海岸
- 独特优势：相比于大型海藻受到无法度夏的限制，海马齿是多年生肉质耐盐、高温草本植物，保证修复季节的连续性



□ 优点

- 耐半阴、高盐、高温
- 繁殖快、易成活、扩繁可控
- 对C、N、P等污染物吸收能力强
- 海马齿是海水环境理想的修复植物



技术原理



影响微生物群落结构

吸收、吸附

植物根系

根系分泌物

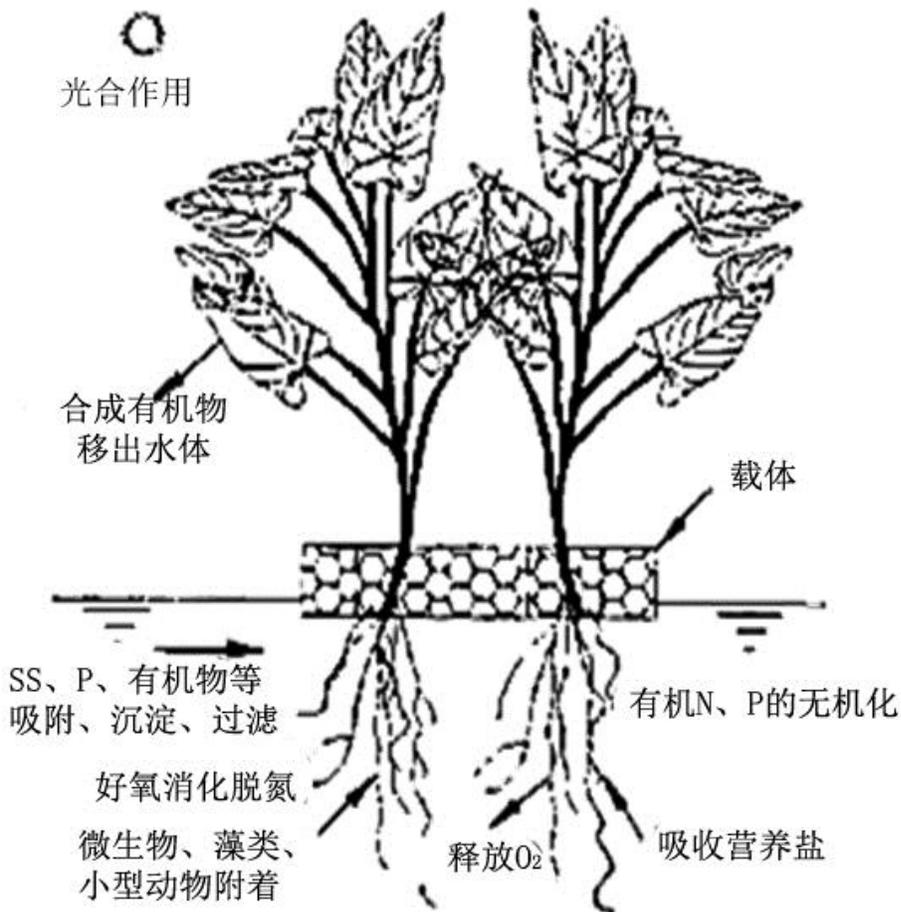
O_2

提供营养

根际微生物

分解、转化

快速响应环境变化



- 植物根际微生物是实现浮床系统净化功能的重要组成部分，在碳氮磷硫等元素的生物地球化学循环中扮演重要的角色



海马齿生态适宜性



移植扩繁装置构建



移植扩繁技术研发



综合修复效果评价



修复技术应用示范

种子萌发

pH

盐度

温度

光照

营养盐



(一) 海马齿生态适宜性研究

海马齿对盐度、温度、pH、营养盐、光照等的适应范围较广，在近海海域生态修复的应用中具有较高的推广应用价值，可作为养殖受损生境修复生态工程的关键种。



(二) 海马齿移植扩繁装置构建

- ❑ 浮床材料就地取材，经济、环保型材料皆可适用，要求浮床载体承重达 $60\text{kg}/\text{m}^2$ 以上。
- ❑ 浮床面积依修复水面大小而定，与养殖水域面积比约在 $1:5\sim 1:10$ 。
- ❑ 以浮床不下沉，植株浮在水面上为宜，并及时清理浮床间的漂浮垃圾。
- ❑ 将海马齿茎段扦插于定植基质中，有叶茎节在基质面之上，无叶茎节浸泡于水中。

早期浮床



新型浮床



早期浮岛



新型浮岛





(三) 海马齿移植扩繁技术研发

综合室内和野外移植、扩繁技术等研究成果，编制《海马齿茎段移植技术规范》，规定海马齿茎段移植苗种准备、贮藏与运输、移植技术、移植后管理、移植成活率等技术指标和要求。



移植、扩繁



长势旺盛，
根系渐趋发达



郁郁葱葱 海
上田园

移植初期

移植2个月

扩繁一年后

移植1个月

扩繁半年

生长迅速，
1-2周生出新根

旺盛期，
绽开淡红色小花





(三) 海马齿移植扩繁技术研发

综合室内和野外移植、扩繁技术等研究成果，编制《海马齿茎段移植技术规范》，规定海马齿茎段移植苗种准备、贮藏与运输、移植技术、移植后管理、移植成活率等技术指标和要求。

□ 1. 移植苗种准备

海马齿茎段长度为30cm~50cm，无叶茎节3~5节，有叶茎节1~3节，顶部保留2~6叶为宜。

□ 2. 贮藏与运输

茎段置于阴凉透风处贮藏，摊开平铺或捆扎直立放置，避免堆垛，温度10℃~25℃，相对湿度大于60%；运输时防止风吹、日晒、雨淋和机械损伤，贮藏和运输不超过48小时为宜。





(三) 海马齿移植扩繁技术研发

综合室内和野外移植、扩繁技术等研究成果，编制《海马齿茎段移植技术规范》，规定海马齿茎段移植苗种准备、贮藏与运输、移植技术、移植后管理、移植成活率等技术指标和要求。

□ 3.移植技术

将海马齿茎段扦插于定植基质中，有叶茎节在基质面之上，无叶茎节浸泡于水中。

□ 4.移植后管理

扦插30天内，遮阴控制光照强度5000~15000lx。

□ 5.移植成活率

叶呈绿色或黄绿色，肉质柔软且较厚；叶片完整，无缺水萎蔫现象。茎生长良好，呈绿色、暗红或红色，无缺水萎蔫现象。在无叶茎节基部新生不定根（ ≥ 3 ），呈乳白色、无损伤。移植一个月后，满足以上所有要求，判定移植成活。





技术方法



(四) 海马齿综合修复效果评价

通过监测试验生物的生长指标，养殖水体的N、P营养盐、COD、TOC、悬浮物等水质指标，开展效果评价。



□ 海马齿浮床系统建立



□ 试验生物生长情况



□ 残饵和粪便收集



□ 水质变化情况



□ 投入产出比



□ 海马齿浮床净化效果

随着浮床覆盖率增加，试验生物量呈上升趋势，说明浮床对养殖生物生长具有一定的促进作用。

浮床铺设比例提高到30%时，COD、氨氮、TOC等水质指标明显优于对照组。

海马齿浮床可有效降低养殖水体中悬浮颗粒物、COD和TOC含量，降低氨氮和亚硝酸盐在无机氮的占比，对养殖水体的净化具有明显效果。



(四) 海马齿综合修复效果评价



海马齿



大型海藻

- 通过试验证实，海马齿通过生长吸收固定水体C、N、P含量，与大型海藻（如海带、龙须菜）能力相当。
- 相比于大型海藻在南方受到无法度夏的限制，海马齿是多年生肉质耐盐、高温草本植物，保证修复季节的连续性。
- 此外，海马齿根系发达，可吸附大量悬浮物质，并通过植物收割可从水中移除。其根系还能促进根际微生物生长，加速C、N、P、S等元素的循环。因此，与其他修复植物相比，海马齿对水域环境的综合修复能力较强。



(五) 修复技术应用示范



养殖海区原位修复



育苗场养殖尾水处理

- ❑ 开放性海域可通过生态网箱模式进行水域环境原位修复，海水陆基养殖可通过生态浮床模式进行尾水治理。
- ❑ 两者都是基于植物修复原理，**区别仅在于修复地点不同**，生态网箱修复技术是将浮床载体铺设于传统网箱周边的方式，养殖尾水处理技术是将浮床载体铺设于尾水处理塘。
- ❑ 海马齿移植规模取决于待修复或处理的水体面积，通过测定海马齿对N、P营养盐固定量，水中N、P营养盐去除率等评价海马齿的修复效果。



- 海马齿生态修复技术已在**福建沿海北部、中部、南部，海南**等地的海水养殖区、渔业休闲垂钓基地、育苗场进行示范应用，并形成辐射区域广、生态效益好、经济效益高的良好发展态势。
- 制定了福建省地方标准《**海马齿茎段移植技术规范**》（DB35/T 1889-2020）。

海南-海兴农海洋生物科技有限公司

福建

北部-宁德

宁德渔翁大黄鱼养殖有限公司

中部-莆田

后海垦区海马齿修复生态工程应用示范区

厦门

南部-漳州

东山湾八尺门示范区

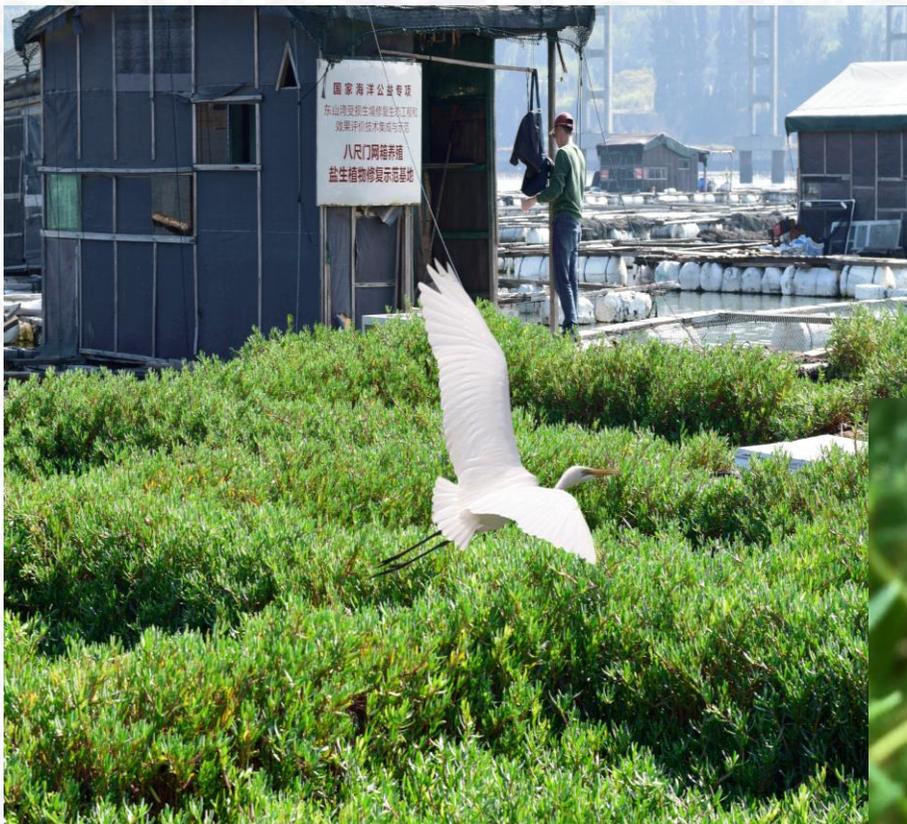


- 2012年首次将海马齿应用于东山湾开放式海水养殖区进行原位修复
- 经1周年扩繁，海马齿密度可达1488株/m²、生物量152.5kg/m²
- 通过生长吸收可固定养殖水体C、N、P为5214、377.0和22.9g/m²

耐盐植物海马齿能够有效移除养殖水体中C、N、P的含量，对修复示范区水质有一定的净化能力，修复效果良好。



- 发达的根系可吸附大量悬浮物质，通过植物收割可从水中移除
- 海马齿能促进根际微生物生长，加速C、N、P、S等元素的循环



白鹭展翅
蜜蜂采蜜
蝴蝶飞舞



生态效益

- 1.生态浮床、浮岛能为养殖生物（鱼类）提供遮荫环境，
- 2.能为其它生物（鸟类、昆虫）提供生息空间，
- 3.有助于提高生物多样性。

附着生物

2014/09/23



□ 景观效益

经过5~6个月可达旺盛期，满目青翠，增添“一抹绿”，绽开淡红色小花，点缀于一片郁郁葱葱的翠绿当中，宛如海上田园，提升“颜值”。

□ 社会效益

项目组将海马齿引进宁波象山港试种，并能成功越冬，为该技术向福建以北海域示范推广提供了有益的尝试及可能。





典型案例-东山基地



□ 社会效益

项目受到《海上福建》纪录片关注，于2020年4月22日在CCTV9播出



□ 社会效益

在网箱内及其设施上种植海马齿的修复方式得到养殖户的认可，省海洋与渔业厅、人民网、厦门日报、宁波市海洋与渔业局等相关媒体进行报道



后海渔村

□ 社会效益

2018年9月6日，莆田广播电视台《今日视线》栏目报道了后海垦区海马齿修复生态工程

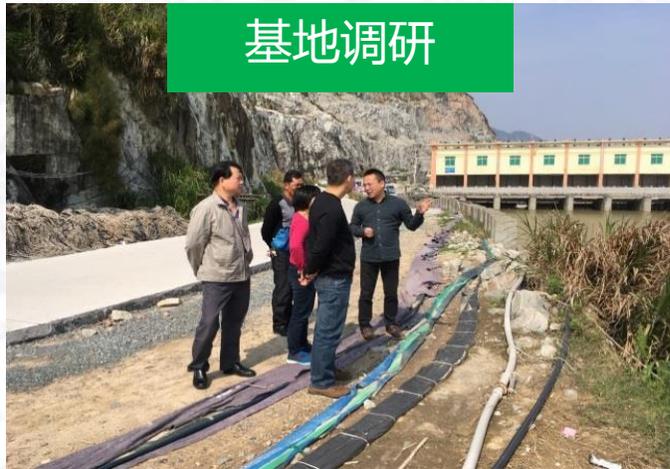
□ 社会效益

2018年1月，莆田后海渔村被授予“中国休闲渔业旅游魅力村”；

□ 工作开展

后海垦区海马齿修复生态工程共2000平方米海马齿浮床具有净化水质、增加生物多样性、美化景观等综合效益。





基地调研



基地选址



扦插移植



2017年6月



2017年9月



2019年1月

按照绿色、清洁、高效的生态设计原则，研发海马齿渔排扩繁关键设施与技术。



- 海马齿可耐受宁德冬季相对较低的水温（ $12.7 \sim 29.6 \text{ } ^\circ\text{C}$ ）并正常生长，绿意盎然，为寒冬里的海面增添了蓬勃生机。

- 为该技术向福建以北海域示范推广提供了有益的尝试及可能。





海兴农
Hisenor

海大集团旗下的对虾苗种基地——养殖尾水多级处理系统



海马齿修复技术



□ 将海马齿引入养殖尾水多级处理中的一环，是海马齿生态修复技术在海南省对虾育苗尾水处理中的首次应用，有利于渔业绿色健康可持续发展，修复效果优化和示范推广任重而道远。



水培



土培



□ 移植栽培适用范围广

1. 海马齿是热带亚热带植物，在我国福建、广东、广西、海南、香港等地均适用。
2. 海马齿适应性强，在土培、水培、淡水到海水环境皆可生长，可应用于海淡水区域的水域环境修复。



- 海马齿修复技术可在池塘、育苗场、工厂化养殖车间、半咸水潟湖、养殖网箱、近岸水域、渔业休闲垂钓基地、育苗场、养殖尾水处理等**生态修复工程中推广应用**。



- 除组氨酸和维生素C外，海马齿茎叶的**β-胡萝卜素、总蛋白和叶绿素**等营养成分含量比北美海蓬子**更高**。海马齿可作为海水蔬菜，丰富**海上粮仓**组成内容，为海岛官兵提供蔬菜来源。



七 相关建议



国内海马齿修复技术急需开展的工作

- ❑ 建立海马齿修复技术标准化模式，细化完善技术原理、技术方法、设施构建、效果评价、适用情况、修复机制，加快海马齿修复技术应用推广。
- ❑ 扩大海马齿修复技术示范应用范围，将海马齿修复技术应用于海水养殖尾水处理和海域环境治理，拓展水域生态环境修复模式和途径。
- ❑ 加快海马齿产业化开发利用，降低移植栽培成本，研发海马齿精深加工产品。





单位介绍



- 福建省水产研究所成立于1957年，隶属福建省海洋与渔业局，是一个公益型、多学科、综合性的省级海洋与渔业研究机构，也是一所水产学科齐全、技术力量雄厚、学科特色与优势明显、科研综合能力较强的研究所。



- 海马齿技术团队有技术人员22人，目前正在开展海马齿在养殖区生态系统稳态维持、养殖尾水处理、高值化利用等研究工作。