

# 广西潮间带海草的移植恢复

邱广龙<sup>1,2,3</sup>, 范航清<sup>1,3</sup>, 周浩郎<sup>1,3</sup>, 李蕾鲜<sup>1,3</sup>, 李森<sup>1,3</sup>, 潘良浩<sup>1,3</sup>, 何显锦<sup>1,3</sup>

(1. 广西科学院 广西红树林研究中心, 广西 北海 536000; 2. 中国科学院 生态环境研究中心 城市与区域生态国家重点实验室, 北京 100085; 3. 广西红树林保护和利用重点实验室, 广西 北海 536000)

**摘要:** 在总结作者近年来在广西沿岸开展海草移植恢复的实践经验的基础上, 吸取了国外海草恢复的部分经验, 从草源地选择、种类配置、恢复地选择与整理、草源采集与定植以及恢复后的监管措施等方面, 论述了广西潮间带海草的移植恢复技术, 以期为中国其他地区的潮间带海草恢复提供借鉴。在广西, 矮大叶藻、喜盐草与贝克喜盐草是最适宜作为海草移植恢复的种类。相对根状茎移植法, 草块移植法更适用于广西。草源地与恢复地的距离极大地影响恢复工程的人力物力成本。

**关键词:** 海草; 移植; 恢复; 潮间带; 经验

中图分类号: Q948.1 文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2014)06-0024-07

doi: 10.11759/hyxx20121104001

海草床是儒艮(*Dugong dugon*)、绿海龟(*Chelonia mydas*)、海马(*Hippocampus* spp.)等多种珍贵海洋生物的取食地、栖息地、育苗场或庇护场所, 被喻为“海洋牧场”, 有极高的生产力, 是全球重要的“蓝色碳汇”, 在促淤固滩、改善近岸水质、维持全球碳循环平衡等方面发挥重要生态作用, 其生态服务功能价值可与珊瑚礁和红树林等典型海洋生态系统媲美<sup>[1-3]</sup>。然而, 海草生态系统却是地球上最脆弱的生态系统之一<sup>[4]</sup>。在过去的 20 年里, 全球丧失了 18% 的海草, 且衰退速度还在加快<sup>[5]</sup>。全球 72 种海草中有 10 种 (14%) 海草面临着越来越高的灭绝风险<sup>[6]</sup>。全球海草的加速退化加剧了沿岸生态环境的恶化。因此, 开展海草床恢复对于保护现有海草资源具有十分重要的意义。

海草床的恢复可通过采集种子直接种植或培育成苗后再栽植, 或者通过组织培养等手段培养无性系来种植, 此外还可从现有的海草床里采集根状茎、草块等来进行移植恢复<sup>[7-13]</sup>。种子法对草源地负面影响较小, 但由于海草种子萌发率低 (一般不超过 10%)、种子采集困难、播种后易流失、采种受季节限制大等因素, 在海草恢复中不常采用<sup>[14]</sup>。组织培养法对技术与设备方面的要求相对较高, 目前仅开展了极少数海草种类的尝试, 应用范围非常小<sup>[15-16]</sup>。目前最常用的方法是移植法, 相对于其他两种方法, 移植法具有成活率高、能较快成活并形成一定的覆盖度的特点<sup>[14]</sup>。潮间带海草是广西海草的主要分布

形式, 在潮间带开展的海草移植恢复, 可选择在低潮时进行而无须潜水作业。本文在总结作者近年来在广西沿岸开展海草移植恢复的实践经验的基础上, 吸取了部分国外海草恢复的经验, 从草源地选择、种类配置、恢复地选择与整理、草源采集与定植以及恢复后的监管措施等方面, 论述了广西潮间带海草的移植恢复技术, 以期为中国其他地区的潮间带海草恢复提供借鉴。

## 1 在广西潮间带开展的海草移植恢复实践

本文所叙述的海草移植技术主要总结于近年来作者在广西沿岸 (主要是北海与防城港) 开展的 3 个海草恢复项目 (表 1) 以及国外相关的海草移植恢复研究。

## 2 海草移植恢复中草源地的选择

草源地、海草种类与移植恢复地的选择合适与否将会极大地影响今后移植恢复的成活率, 是海草正式移植前的三大关键步骤<sup>[17]</sup>。对于草源地的选择, 应考虑以下的一般性原则:

收稿日期: 2013-10-25; 修回日期: 2014-02-04

基金项目: 广西自然科学基金项目 (0832030); 海洋公益性行业科研专项经费项目 (201005012); 国家发改委生态恢复项目 (KLFCGG20092037); 广西“红树林和海草系统保育与生态监测”特聘专家岗位基金项目  
作者简介: 邱广龙 (1978-), 男, 广东廉江人, 副研究员, 博士, 主要从事海草生态学研究, 电话: 0779-2055294, E-mail: qalong@163.com

表 1 近年来在广西潮间带开展的海草移植恢复实践

Tab.1 Restoration of intertidal seagrasses by using transplantation method along the Guangxi coast

实施地点	中心坐标	实施面积(m <sup>2</sup> )	移植 3 个月后草块成活率(%)*	实施时间(年-月)	移植种类
北海市山口镇乌坭	21° 27.071'N 109° 45.074'E	700	矮大叶藻: 9.3 喜盐草: 14.7 贝克喜盐草: 98.3	2009-02~2010-02	喜盐草、贝克喜盐草
北海市竹林	21° 26.028'N 109° 16.805'E	150	矮大叶藻: 0~45.0 二药藻: 16.7~50.0 喜盐草: 0	2008-04~2008-08	喜盐草、二药藻、矮大叶藻
防城港市江平镇交东村	21° 36.000'N, 108° 12.835'E	33300	矮大叶藻: 42.0~96.0 二药藻: 0~37.5 喜盐草: 0 贝克喜盐草: 0	2010-05~2013-12	矮大叶藻、喜盐草、二药藻、贝克喜盐草

注: \*某些成活率是一个范围值(而不是一个固定值), 是因为统计了同一种海草但不同处理的成活率。

(1) 选择健康的、生长密集且处于营养生长的海草床作为草源地<sup>[18]</sup>。要避免从有大量病虫害的海草床采集海草。从生长旺盛而密集的海草床采集海草对草源地和移植地的海草快速恢复均有利。

(2) 选择环境条件与移植地相似的海草床采集海草。

(3) 选择交通便利海草床采集海草。对一个大规模的海草恢复项目而言尤为重要, 如果草场交通不便, 将会导致搬运方面增加大量的人力物力。海草采集地与恢复地的距离过远常导致海草恢复成本成倍增加。

(4) 尽可能从多个不同种群来源采集草源, 有利于提高移植海草的遗传多样性<sup>[19]</sup>。研究表明, 较高的遗传多样性有助于海草提高对干扰的抵抗力<sup>[20]</sup>, 而较低的遗传多样性对移植海草的种群生长以及个体适合度均不利<sup>[21]</sup>。

### 3 移植草种的选择

#### 3.1 草种选择原则

移植恢复海草种类的选择可根据以下原则:

(1) 对于大规模的海草恢复工程, 选择的海草种类应有丰富的草源, 易于采集。尽管广西有 8 种海草, 但大数海草种类由于草源稀少(如现存面积小、覆盖度低且分布范围窄)<sup>[22]</sup>, 海草采集存在较大难度, 因此难以采集海草开展大规模的海草恢复工程。

(2) 坚持恢复地立地条件与草种的生物学和生态学特性的一致性, 做到适地适草。

(3) 优先使用生长速度快的本地种, 引用外来种需谨慎。

(4) 可增加恢复地的物种组成。

(5) 选择的海草种类可恢复或提高现有生态系统功能(例如提高恢复地的物种多样性), 提高生态系统的生产力和自我维持能力。

(6) 对于一些濒危性的海草, 例如贝克喜盐草(*Halophilabecarii*), 因现存面积小且移植成活率不稳定, 现阶段不宜进行大规格的工程性的海草恢复, 应先开展探索性的科学实验, 待取得满意的恢复效果再推广其移植方法。

#### 3.2 建议的海草种类

基于以上原则, 在广西潮间带进行生境恢复可选择的海草种类为:

(1) 矮大叶藻(*Zostera japonica*): 不仅在中国亚热带地区的潮间带有广泛分布, 在中国南部的热带气候的海南省以及中国东北部的温带气候的辽宁省均有分布, 生长速度快, 适应性与抗逆性相对较强, 容易采集种源。

(2) 喜盐草(*Halophila ovalis*): 该海草种类在中国亚热带地区有最大的分布面积<sup>[21]</sup>, 是最易采集草源的种类, 生长非常迅速, 是濒危物种儒艮最喜食的海草之一, 因此开展喜盐草的恢复对儒艮种群的延续也有积极意义。

(3) 贝克喜盐草: 北海、钦州与防城港均有分布, 现存面积仅次于矮大叶藻<sup>[21]</sup>。该海草近年被世界自然保护联盟(IUCN)列为了渐危种(Vulnerable Species), 因此, 有十分高的保护价值。选择该物种进行海草恢复有利于该物种在中国的续存, 但在采集海草应特别注意避免对现有种群产生不利影响。

## 4 恢复地选择

恢复地选择是海草恢复工作中的关键。恢复地选择恰当与否直接影响海草恢复的成败。但恢复地的选择极其复杂,需要考虑众多影响因素。美国开发了基于 GIS 的海草恢复地选择模型,利用此类模型可以对潜在恢复地的适宜性进行赋值并排序,最后可选择适宜度较高的区域进行海草生境恢复<sup>[22]</sup>。尽管不同海草有不同的生境需要,但仍有一些普遍适用的原则:

(1) 过去曾有过海草生长分布的地方是进行海草恢复的首选之地。

(2) 水流较急的地方,海草难以固着,不宜作为恢复地,水动力越强,移植成活越低<sup>[23]</sup>。

(3) 富营养化较严重或海水透明度较低的海区不宜作为恢复地。在富营养化较严重的地区,常引起大量大型藻类的暴发[在广西尤以浒苔(*Ulva* spp.)较为严重],覆盖在海草植物上,不利于海草的恢复生长。

(4) 广西大部分的海草分布在潮间带,在移植时,要把握好海草种植地高程的选择:所处高程太低可利用的光照比较少,而所处高程太高时则海草暴露时间过长,容易失水死亡。作者近年来在广西沿岸曾观察到分布于较高潮位的海草夏季被太阳暴晒后大面积死亡的现象。因此合适的高程是海草恢复成功的重要因素,通常种植在与草源地有相似高程的滩涂上。

(5) 沙蚕(*Arenicola* spp.)密度较大的滩涂不适宜作为海草恢复区,但满月蛤(lucinid clam)较多的滩涂则是恢复潮间带海草的理想场所。因前者的生物扰动对海草生长不利<sup>[24]</sup>,而后者与海草的共生关系则有利海草的生长与恢复<sup>[25]</sup>。

(6) 尽量选择与草源地立地条件相似的恢复地。

## 5 移植恢复程序

海草生境的恢复之前应明确海草退化的原因,并提出恢复目标。移植前需要进行详细的计划,包括恢复地与采集地选址,材料与工具的购置,交通运输工具的安排,技术人员与现场施工人员的调配等。各实施环节都应做好详细的计划。

### 5.1 恢复地的清理整地

移植前需对种植区进行清理,清除较大的牡蛎(*Ostrea* spp.)壳、垃圾、大型海藻,地势凹凸不平的地方要进行平整。同时划分好各种种植小区,做好标记以方便种植。

### 5.2 围网保护

由于广西的潮间带是人为活动较强烈的地区,赶海活动、港口建设、污水排放、滩涂养殖等对海草的生长有潜在的负面效应。为避免人为影响尤其是赶海活动[例如周边群众经常到恢复地所在滩涂挖掘经济贝类或星虫类(*Sipunculus* spp.和 *Phascolosoma* spp.)动物]对海草恢复区的负面影响,导致海草恢复工程的失败,应对恢复区进行打桩布设防护网或采取其他措施阻止挖掘的群众进入恢复区。围网高度一般为 2.5m,木桩打入地下深度为 2m,木桩间距为 2~3m,防护网可采用孔径为 5~12cm 的渔网。

### 5.3 草源采集

按移植的海草种植单元(Planting Units,以下简称 PUs)是否包含底质分为根状茎(即所谓的“裸根”)和草块两种草源。

#### 5.3.1 根状茎 PUs 的采集

除非草源采集地底质为沙地,不建议用根状茎移植。一般情况下,草块移植法比根状茎移植有更高的成活率。因此在广西,推荐使用草块移植法而不用根状茎移植法进行海草恢复。

在松软底质中,根状茎可直接用手采集,如果底质较硬,需要铁铲等工具来采集。根状茎采集后,将附着的沉积物冲洗干净,从中挑选尽可能完整的根状茎(有完整的叶片或枝叶以及根系),置于高湿环境的容器中保存(或直接浸泡在盛有海水的容器中),并尽快运送到恢复地进行移植。

#### 5.3.2 带沉积物的草源(草块)PUs 采集及搬运

采集海草包含根部周围的沉积物,采集草块以方形为佳,边长为 10~30 cm,深度为 10~20 cm。采集工具可使用方口铁铲或专门的潮间带海草移植装置(授权专利号: ZL201220157573.1)。一般情况下,所采集的草块越大,移植后的成活率越高。采集后草块应尽快运至移植恢复地种植,但运输期间需做好保湿工作。海草草块的搬运可使用加厚的方形 PVC 塑料框来盛装。

为了帮助采草地的恢复生长,草块采集相互间隔的距离一般应大于 50 cm,采草后要及时用沉积物回填挖掘后形成的“凹洼地”。

### 5.4 种植单元的处理与种植

#### 5.4.1 根状茎 PUs(无性系分株)的处理与种植

根状茎 PUs 可单株种植,也可将若干个根状茎用可降解材料缚在一起种植<sup>[12, 26]</sup>。种植前先挖一个

深度约 10~15cm 的坑, 将根状茎放入后填土压实。根状茎放置的深度以填土压实后在底质表面下 5cm 处为宜。种植密度以 PUs 间隔距离为 30~50cm 为宜。

#### 5.4.2 草块 PUs 定植

草块 PUs 采集后应在当天种植, 如不能及时种植, 要做好保湿措施, 防止海草失水死亡。如果在夏季种植尤其要注意避免太阳暴晒。草块定植前要提前挖好种植穴。种植穴的大小规格与草块大小一样。

种植时需双手插入草块底部将草块托起, 轻轻放入所挖的种植穴中, 再用手掌将草块压实(种植后草块顶部的高度应与周围沉积物同高)。如果要增施肥料, 要提前将称好的肥料施放在种植穴底部, 然后才将草块放入种植穴, 使施放的肥料被草块压在种植穴的底部。种植密度视草块大小而定, 一般有 50cm×50cm 或 50cm×100cm 或 100cm×100cm 共 3 种规格, 所采集的草块越小, 种植密度应越密。

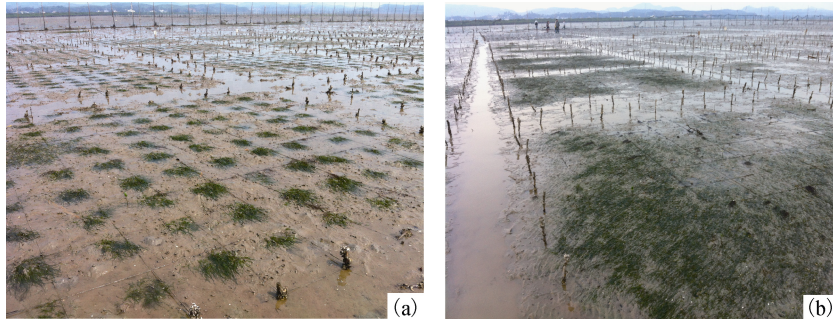


图 1 广西珍珠湾潮间带海草移植恢复效果

Fig.1 Restoration by transplantation method in the intertidal zone in Pearl Bay, Guangxi

a. 移植 3 个月后草块成活率高达 96% 的矮大叶藻恢复区; b. 已经生长连接成海草斑块的矮大叶藻恢复区

a. restoration plot with high survival rate of 96% after three months of transplantation; b. restored seagrass patches with all the planting units growing to coalescence

## 6 养护管理与监测

海草移植后, 每 0.5~3 个月对移植的海草进行覆盖度、密度、繁殖情况、成活率与扩展(蔓延)程度等测量统计, 建立移植恢复的技术档案, 根据实际情况进行补植。其他可选的监测指标还有: 环境指标[沉积物 pH、沉积物氧化还原电位、地表温度与光照(可采用 HOBO 光温传感器长期定期采集)等]和大型底栖动物指标(种类、密度、生物量)。同时还可对草源地(草种采集地)进行类似指标的监测, 以便进行对比研究。其他的管护工作包括: (1)及时清理大型藻类, 冬季、春季在某些地区常有大型藻类大量暴发, 覆盖种植的海草而影响其光合作用或导致海草窒息, 因此要及时清理这些覆盖的海藻; (2)及时补植, 定期监测种植的海草, 补植死亡的草块或被潮汐冲走的草块; (3)防护设施的维护, 对被损坏的防护网与木桩, 要及时更换, 防止人为干扰对恢复地的破坏。

## 7 讨论与建议

在海草床恢复中, 经常被人忽略的一个方面就是没有对海草退化区进行任何退化原因的调查分析, 而盲目开展海草恢复工程<sup>[27]</sup>。实际上, 在开展恢复工

程之前, 如果没有对恢复区海草退化原因进行任何的调查分析, 以采取相应的措施来消除或减弱致使海草退化的因素, 那么即使开展了恢复工程, 新建立的海草床亦可能很快衰退丧失。例如, 对于某一恢复地而言, 该地之前海草退化的主要原因是人为的频繁挖掘所致。那么对于该地的海草恢复工程而言, 其工作重点就是采取措施制止人为活动对海草区的频繁挖掘, 或安装围护的设备, 阻止相关人员进入海草恢复区挖掘。否则, 移植的海草又将很快退化, 所有的恢复工作都是徒劳。再如某目标恢复地的海草是因为海水富营养化而退化, 且富营养化程度还在继续加重, 则恢复的基础应该是先采取措施使富营养化得到遏制, 否则新移植的海草也会因为富营养化而再次退化丧失。因此, 应在致使海草退化的胁迫得以缓和或消除后, 再进行海草的移植恢复工作。

通常情况下, 移植时采集草块 PUs 的面积越大, 移植成活率也越高<sup>[26]</sup>, 这对所有从事过海草移植恢复的人来说, 几乎是毫无争议的。然而, 需要考虑的一个权衡的问题是, 所采集的草块越大, 对海草采集地的负面作用可能也越大, 采集地需要恢复到原先状态可能需要更长时间。此外, 越大的草块, 在采集、运送、栽植等过程中所产生的人力物力成本也

更大。因此,对每一种海草而言,需要从生态经济学的角度去寻求一个移植草块大小的平衡点。

在对海草恢复效果的监测评估方面,当前绝大部分研究的监测延续时间太短,一般都在1年以内甚至只有1个月的时间<sup>[11, 23, 28]</sup>。在移植后仅仅几个月时间就进行监测来评估恢复效果是难以说明问题的,因为很多海草在定植后最初几个月内即便成活,但一旦监测的时间再稍长一些,那些所谓已经“恢复成功”的海草很可能绝大部分都会灭亡<sup>[29]</sup>。因此,建议在对海草恢复效果的监测评估时,应做长期的持续监测(1~3年以上)。

在评估海草恢复效果时,最常用的指标就是海草覆盖度<sup>[17]</sup>,人们似乎仅仅关注了海草植物本身的生长情况,而经常忽略了生态系统功能的指标。一个成功的海草生态恢复工程,不应仅仅是把海草种活了,而更应该是通过该工程,遏制了该地的生态退化趋势,并使生态系统功能有所改善。此外,恢复成效也不应仅仅考虑海草生境本身的功能与特性,还可关注海草恢复区与周边生境(红树林和珊瑚礁等)跨生境间的相互关系有否改善<sup>[30]</sup>。

在全球海草大衰退的背景下,很多海草资源管理部门或研究机构都把海草恢复作为了首要任务。但是应清楚看到,当前绝大部分的海草恢复项目都没有达到预期效果,何况还要投入大量的人力物力。2010年9月在葡萄牙Portinho da Arrábida举行的第一届欧洲海草恢复学术研讨会中,所有与会者都认为,在过去的10年里,他们所参与的所有海草恢复项目没有一个是成功的<sup>[31]</sup>。因此,那些海草管理部门或研究机构,应把更多的精力投入到如何保护好现有的海草资源,以及怎样促进海草自身的恢复潜力。移植恢复实属海草资源在不可避免的丧失后的无可奈何之举。

#### 参考文献:

- [1] Duarte C M. The future of seagrass meadows[J]. *Environmental Conservation*, 2002, 29(2): 192-206.
- [2] Fourqurean J W, Duarte C M, Kennedy H, et al. Seagrass ecosystems as a globally significant carbon stock[J]. *Nature Geoscience*, 2012, 5(7): 505-509.
- [3] Costanza R, d'Arge R, de Groot R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. *Nature*, 1997, 387(6630): 253-260.
- [4] Orth R J, Carruthers T J B, Dennison W C, et al. A Global crisis for seagrass ecosystems[J]. *Bioscience*, 2006, 56(12): 987-996.
- [5] Waycott M, Duarte C M, Carruthers T J B, et al. Accelerating Loss of Seagrasses across the Globe Threatens Coastal Ecosystems[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2009, 106(30): 12377-12381.
- [6] Short F T, Polidoro B, Livingstone S R, et al. Extinction risk assessment of the world's seagrass species[J]. *Biological Conservation*, 2011, 144: 1961-1971.
- [7] Marion S R, Orth R J. Innovative techniques for large-scale seagrass restoration Using *Zostera marina* (Eelgrass) seeds[J]. *Restoration Ecology*, 2010, 18(4): 514-526.
- [8] Kirkman H. Pilot experiments on planting seedlings and small seagrass propagules in western Australia[J]. *Marine Pollution Bulletin*, 1999, 37(8-12): 460-467.
- [9] Davis R C, Short F T. Restoring eelgrass, *Zostera marina* L., Habitat using a new transplanting technique: the horizontal rhizome method[J]. *Aquatic Botany*, 1997, 59(1-2): 1-15.
- [10] Peralta G, Bouma T J, van Soelen J, et al. On the use of sediment fertilization for seagrass restoration: A mesocosm study on *Zostera marina* L.[J]. *Aquatic Botany*, 2003, 75(2): 95-110.
- [11] Paling E I, van Keulen M, Wheeler K, et al. Mechanical seagrass transplantation in western Australia[J]. *Ecological Engineering*, 2001, 16(3): 331-339.
- [12] 郭栋, 张沛东, 张秀梅, 等. 大叶藻移植方法的研究[J]. *海洋科学*, 2012, 36(03): 42-48.
- [13] Orth R J, Harwell M C, Fishman J R. A rapid and simple method for transplanting eelgrass using single, unanchored shoots[J]. *Aquatic Botany*, 1999, 64(1): 77-85.
- [14] 李森, 范航清, 邱广龙, 等. 海草床恢复研究进展[J]. *生态学报*, 2010, 30(9): 2443-2453.
- [15] Bird K T, Johnson J R, Jewett-Smith J. In vitro culture of the seagrass *Halophila decipiens*[J]. *Aquatic Botany*, 1998, 60(4): 377-387.
- [16] Wilson J, Bennett I. Nutrient requirements of in vitro cultured *Halophila ovalis* and *Posidonia coriacea*: nitrogen source[J]. *Plant Cell, Tissue and Organ*

- Culture, 2008, 92(2): 155-163.
- [17] van Katwijk M M, Bos A R, de Jonge V N, et al. Guidelines for seagrass restoration: Importance of habitat selection and donor population, spreading of risks, and ecosystem engineering effects[J]. Marine Pollution Bulletin, 2009, 58(2): 179-188.
- [18] Fonseca M S, Kenworthy W J W, Thayer G. Guidelines for the Conservation and Restoration of Seagrasses in the United States and Adjacent Waters[R]. NOAA Coastal Ocean Program Decision Analysis Series No. 12. Maryland, NOAA Coastal Ocean Office.1998: 222 .
- [19] Procaccini G, Piazzì L. Genetic Polymorphism and transplantation success in the mediterranean seagrass *Posidonia Oceanica*[J]. Restoration Ecology, 2001, 9(3): 332-338.
- [20] Hughes A, Stachowicz J. Genetic diversity enhances the resistance of a seagrass ecosystem to disturbance[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2004, 101(24): 8998.
- [21] Williams S L. Reduced genetic diversity in eelgrass transplantations affects both population growth and individual fitness[J]. Ecological Applications, 2001, 11(5): 1472-1488.
- [22] 范航清, 邱广龙, 石雅君, 等. 中国亚热带海草生理生态学研究[M], 北京: 科学出版社, 2011.
- [23] Short F T, Davis R C, Kopp B S, et al. Site-selection model for optimal transplantation of eelgrass *Zostera marina* in the northeastern US[J]. Marine Ecology-Progress Series, 2002, 227: 253-267.
- [24] Bos A R, van Katwijk M M. Planting density, hydrodynamic exposure and mussel beds affect survival of transplanted intertidal eelgrass[J]. Marine Ecology-Progress Series, 2007, 336: 121-129.
- [25] Philippart C J M. Interactions between *Arenicola marina* and *Zostera noltii* on a tidal flat in the Wadden Sea[J]. Marine Ecology-Progress Series, 1994, 111(3): 251-257.
- [26] Pennisi E. Seagrasses partner with clams to stay healthy[J]. Science, 2012, 336(6087): 1368-1369.
- [27] van Keulen M, Paling E I, Walker C J. Effect of planting unit size and sediment stabilization on seagrass transplants in Western Australia[J]. Restoration Ecology, 2003, 11(1): 50-55.
- [28] den Hartog C. Procedures for the restoration of lost seagrass beds[J]. Biologia Marina Mediterranea, 2000, 7: 353-356.
- [29] Cunha A H, Marba N N, van Katwijk M M, et al. Changing paradigms in seagrass restoration[J]. Restoration Ecology, 2012, 20(4): 427-430.
- [30] Bell S S, Tewfik A, Hall M O, et al. Evaluation of seagrass planting and monitoring techniques: implications for assessing restoration success and habitat equivalency[J]. Restoration Ecology, 2008, 16(3): 407-416.
- [31] Short F T, Burdick D M, Short C A, et al. Developing success criteria for restored eelgrass, salt marsh and mud flat habitats[J]. Ecological Engineering, 2000, 15(3-4): 239-252.

## Transplantation techniques for restoring the intertidal seagrasses in Guangxi

QIU Guang-long<sup>1, 2, 3</sup>, FAN Hang-qing<sup>1, 3</sup>, ZHOU Hao-lang<sup>1, 3</sup>, LI Lei-xian<sup>1, 3</sup>, LI Sen<sup>1, 3</sup>, PAN Liang-hao<sup>1, 3</sup>, HE Xian-jin<sup>1, 3</sup>

(1. Guangxi Mangrove Research Center, Guangxi Academy of Sciences, Beihai 536000, China; 2. State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center for Eco-environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China; 3. Guangxi Key Laboratory of Mangrove Conservation and Utilization, Beihai 536000, China)

**Received:** Oct., 25, 2013

**Key words:** seagrass; transplant; restoration; intertidal zone; experiences

**Abstract:** This paper is based on the authors' practical experience from conducting seagrasses transplantation restorations along the coast of Guangxi in recent years as well as the experience from overseas seagrass restorations. Here we presented how to restore the intertidal seagrasses in Guangxi by using transplantation method, from respects of donor bed selection, species selection, restoration site selection, planting units collection, field planting, the subsequent monitoring and management and so on, to provide references for seagrass restorations in the intertidal zones of other parts of China. In the intertidal zone of Guangxi, *Zostera japonica*, *Halophila ovalis* and *H. beccarii* were the most suitable species for seagrass transplantation. Compared to bare rhizome transplanting, the plug of transplantation method is featured by higher survival rate and is more practical in Guangxi. The distance between donor bed and restoration site had great influence on labor and material costs for restoration projects.

(本文编辑: 梁德海)