

# 天鹅湖大叶藻种苗补充情况调查

王朋梅<sup>1,2</sup>, 周毅<sup>1</sup>, 张晓梅<sup>1,2</sup>, 王峰<sup>1,2</sup>, 顾瑞婷<sup>1,2</sup>, 徐少春<sup>1,2</sup>, 宋肖跃<sup>1,2</sup>

(1. 中国科学院海洋研究所, 山东青岛 266071; 2. 中国科学院大学, 北京 100049)

**摘要:** 本研究以山东荣成典型潟湖——天鹅湖内的大叶藻(*Zostera marina* L.)海草床为研究对象, 从2015年3月到6月对大叶藻种子萌发形成的幼苗进行了月度调查, 包括春季大叶藻种苗的密度、株高、叶鞘高、叶数、叶宽以及分枝情况。结果表明, 天鹅湖大叶藻种子在3月即开始萌发, 但萌发量较少, 种苗密度较低; 4月种子大量萌发, 种苗密度不断升高, 并达到峰值, 为(481.77±303.42)株/m<sup>2</sup>; 5月份种子萌发结束, 种苗密度下降, 同时开始克隆生长; 6月份种苗不断生长, 分枝数增多, 种苗开始出现有性生殖枝。至此, 春季种苗的萌发过程结束, 进入有性生殖过程。

**关键词:** 大叶藻(*Zostera marina* L.); 有性生殖; 种苗; 密度

中图分类号: Q948.8 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2016)06-0049-07

doi: 10.11759/hyqx20150716001

海草(seagrass)是一类适应了水生生活的海洋高等被子植物, 在全球热带和温带海域的浅水中都有分布<sup>[1]</sup>。大叶藻(*Zostera marina* L.)是海草中分布较为广泛的一种, 主要分布在北半球温带海域<sup>[1-2]</sup>, 其聚集生长形成海草床。大叶藻海草床是重要的滨海生态系统<sup>[3-4]</sup>, 具有极高的初级和次级生产力<sup>[5]</sup>, 海草床内栖息着种类繁多的底栖生物和经济鱼类, 如仿刺参(*Apostichopus japonicus*)、梭子蟹(*Portunus trituberculatus*)等<sup>[6]</sup>, 是沿岸重要的育苗场, 为多种生物的幼体提供食物来源和附着栖息场所<sup>[7-8]</sup>。近年来随着沿岸养殖业、船舶运输业、旅游业的发展, 以及沿海居民方式的改变, 大叶藻海草床受到巨大冲击<sup>[9]</sup>, 海草床面积不断萎缩, 海草的健康状况也严重下降<sup>[8-9]</sup>, 这使得原本完整的海草床不断破碎成斑块状, 退化问题极为严重, 因此海草床恢复工作变得极为迫切<sup>[10]</sup>。

目前, 在海草床恢复方法中, 移植法(transplantation)是应用较广, 技术相对成熟的一种<sup>[11]</sup>。然而, 它也存在不可避免的弊端, 例如, 对供体海草床破坏较大, 恢复后海草床遗传多样性低<sup>[12-13]</sup>, 海草床生态系统不稳定等。相比之下, 利用种子法(seeding)对海草床进行恢复, 可以弥补以上不足。作为海洋高等被子植物, 海草不仅可以利用无性生殖进行繁殖, 还能够通过有性生殖产生种子繁殖下一代<sup>[14]</sup>, 这一点是利用种子法进行海草床恢复的前提。目前, 国内外对种子法的应用和研究还相对较少, 已有的研究结果显示种子的成活率较低, 仅为10%左右<sup>[15-18]</sup>, 这也成为种子法应用的屏障。因此, 对大叶藻种子法的研究转向对

其生理、生态特征方面, 主要包括: 种子分布<sup>[19-20]</sup>、种子库<sup>[21]</sup>、种子保存<sup>[19]</sup>、种子休眠<sup>[22]</sup>、种子萌发<sup>[22-25]</sup>等方面。但对于大叶藻种子萌发形成的幼苗的研究, 国内外还相对较少, 特别在对野外环境下大叶藻种苗密度和生长状况的追踪调查上, 相关研究几乎为零。

本研究在山东荣成典型潟湖——天鹅湖, 中国北方重要的大叶藻海草床分布区<sup>[7]</sup>进行。通过对大叶藻种子萌发成的幼苗进行跟踪调查, 初步探明了该区域内种苗的密度变化和生长状况, 为了解天鹅湖大叶藻海草床种群的补充机制和种子法的应用提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验地点

天鹅湖位于山东省荣成市成山镇, 为天然潟湖, 其西、北、南三面均为陆地所包围, 东部是荣成湾漂沙形成的一条沙坝, 仅在东南处有一狭长水道与荣成湾相连<sup>[26]</sup>。天鹅湖面积约为4.9km<sup>2</sup>, 水深最深处不超过2m<sup>[27]</sup>。湖内生长着大叶藻、矮大藻(*Zostera japonica*)这两种海草, 其中大叶藻分布面积更大, 是

收稿日期: 2015-11-08; 修回日期: 2016-01-23

基金项目: 海洋公益性行业科研专项重点项目(201305043/201005009)

[Foundation: the National Marine Public Welfare Research Project, No.201305043, No.201005009]

作者简介: 王朋梅(1990-), 女, 山东即墨人, 硕士研究生, 主要从事海洋环境与生态研究, E-mail: wpm15295558098@126.com; 周毅, 通信作者, 电话: 0532-82898646, E-mail: yizhou@qdio.ac.cn.

优势种<sup>[28]</sup>, 本研究的调查站点选在(37°20.90'~37°21.48'N, 122°34.55'~122°34.86'E)区域内, 根据该区域大叶藻生长、分布特点, 结合 Qin 等<sup>[20]</sup>对天鹅湖大叶藻分布的划分, 将研究区域划分为大叶藻海草床中心区域、边缘区域、以及大叶藻破碎的斑块区。同时, 大叶藻幼苗既可以通过地下茎(rhizome)无性繁殖产生, 也可以通过有性生殖种子(seed)萌发形成。本实验研究对象为大叶藻有性生殖产生幼苗, 为与无性繁殖幼苗进行区分, 本文将种子萌发的幼苗称之为种苗(seedling)。

## 1.2 样品采集

从2015年3月到6月, 在天鹅湖大叶藻海草床中心区域、边缘区域、以及大叶藻斑块区内, 每隔半个月对大叶藻幼苗密度(株/m<sup>2</sup>)、株高(cm)、叶鞘高(cm)、叶数(片)、叶宽(cm)以及种苗的分枝数(株)进行调查, 同时监测水温变化。每月在低潮期进行样品采集。采用直径为16 cm的圆柱形PVC桶分别在大叶藻海草床中心区域、边缘区域以及大叶藻斑块区内随机选取5个重复。采样时保证每个样方内大叶藻植株的完整, 并将样品及时带回实验室, 进行后续测量。

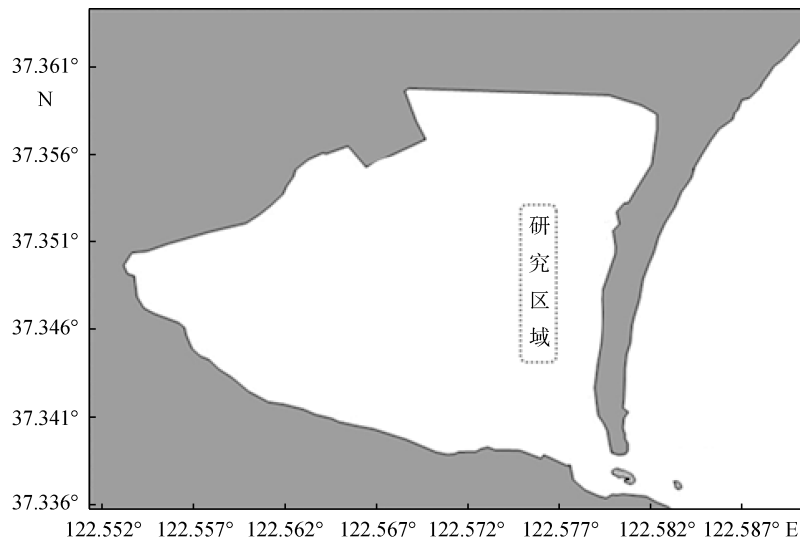


图1 天鹅湖研究区域

Fig. 1 Study area in Swan Lake

## 1.3 数据处理

对实验数据采用 Excel 2010 和 Spss16.0 进行统计分析。对不同月份的大叶藻幼苗密度(株/m<sup>2</sup>)、株高(cm)、叶鞘高(cm)、叶数(片)、叶宽(cm)以及种苗的分枝数(株)进行单因素方差分析, 数据以平均值±标准差表示, 以  $P < 0.05$  作为差异显著水平。

## 2 实验结果

### 2.1 水温

研究期间, 连续监测实验区域内水温变化如图2所示, 2015年3月到6月份天鹅湖水温不断升高。其中, 3月20日温度最低为3.7℃, 6月15日温度达到最高为18.3℃, 水温升高了14℃。

### 2.2 种苗密度

在天鹅湖实验划分的3个区域(大叶藻床中心区

域、边缘区域以及大叶藻斑块区内), 种苗的密度总体上没有显著差异( $P > 0.05$ ), 但在大叶藻种苗大量萌发的4月份3个区域的种苗密度存在显著性差异( $P < 0.05$ )。此外, 从3个区域大叶藻种苗的密度随时间变化的图上, 可以较清楚的看出, 其密度大小顺序呈现出: 边缘区域 > 中心区域 > 斑块区的趋势, 见图3。大叶藻海草床中心区域和边缘区域的密度变化趋势为先增加后降低, 最终稳定。3月份种子开始萌发, 种苗密度不断增加; 4月份种子大量萌发, 种苗密度达到峰值(大叶藻中心区和边缘区分别为:  $296.878 \pm 274.27$  株/m<sup>2</sup> 和  $481.77 \pm 303.42$  株/m<sup>2</sup>); 5月种子萌发邻近结束, 而种苗死亡率增加, 种苗密度降低, 开始克隆生长; 6月份种苗快速生长, 种苗密度稳定, 并出现有性生殖枝。大叶藻斑块区种苗密度相对较低, 没有明显的变化规律, 见图3。

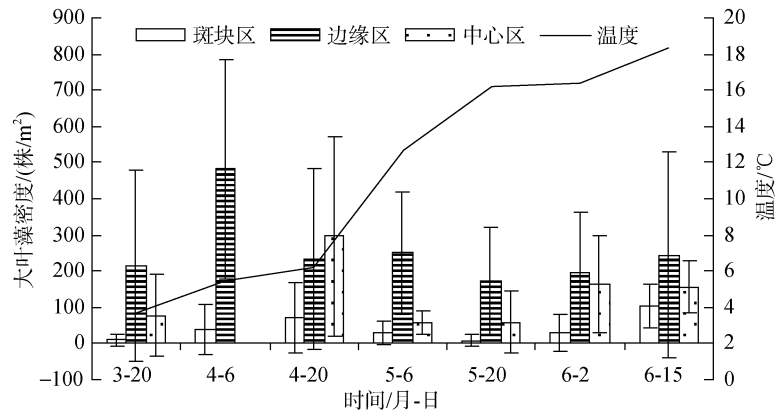


图2 2015年3月份至6月份天鹅湖水温变化

Fig. 2 Changes in water temperature from March to June 2015 in Swan Lake

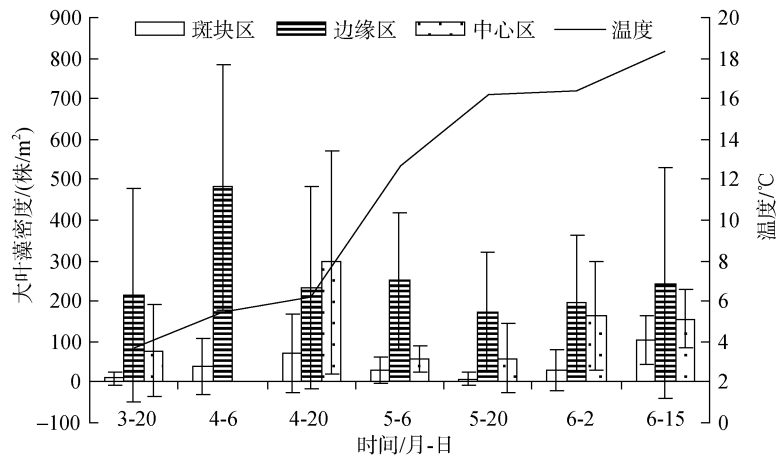


图3 大叶藻种苗春季的密度变化

Fig. 3 Changes in seedling density in spring

### 2.3 种苗株高、叶鞘高、叶数、叶宽

大叶藻种苗的株高、叶鞘高、叶数、叶宽以及分枝情况是描述大叶藻茎枝生长状况的常用指标。本研究结果显示,春季天鹅湖大叶藻种子萌发形成幼苗,幼苗都不断增加,以无性繁殖茎枝向四周扩增,并最终产生新的有性生殖枝,进入有性生殖阶段。大叶藻种苗株高随着时间的推移不断增高,月际之间生长差异显著( $P < 0.05$ ),但3个区域内的株高没有明显的差异( $P > 0.05$ ),见图4-A。以大叶藻海草床中心区域为例,株高峰值出现在6月,为 $(19.14 \pm 9.40)$ cm,较最低值3月份的株高 $(5.17 \pm 2.88)$ cm长高了近14cm。大叶藻种苗的叶鞘高度在春季不断长高,月际之间存在显著差异( $P < 0.05$ ),但3个区域内叶鞘高度没有明显差异( $P > 0.05$ )。叶鞘峰值出现在6月份,大叶藻海草床中心区域、边缘区域以及大叶藻斑块区的峰值分别为 $(4.18 \pm 0.60)$ cm、 $(3.90 \pm 1.25)$ cm、

$(3.96 \pm 1.24)$ cm,见图4-B。大叶藻种苗叶片数波动比较大,总体是随时间的推移叶片数逐渐增多的。大叶藻叶片数月际之间差异显著( $P < 0.05$ ),3个区域内没有明显的差异,3个区域种苗叶片数峰值分别为 $(4.00 \pm 1.10)$ 片、 $(3.38 \pm 0.77)$ 片、 $(4.50 \pm 0.70)$ 片,见图4-C。大叶藻种苗叶宽的变化也是随时间推移不断增加。3个区域之间没有显著差异( $P > 0.05$ ),其峰值出现在6月份分别为 $(0.33 \pm 0.1)$ cm、 $(0.28 \pm 0.11)$ cm、 $(0.35 \pm 0.14)$ cm,见图4-D。

### 2.4 幼苗的分枝情况

在大叶藻海草床中心区域、边缘区域,以及大叶藻斑块区,种苗都在4月底5月初就开始出现分枝,见图5。3个区域间分枝数没有显著性差异( $P > 0.05$ ),但4月份之后每个区域内茎枝数的月际之间存在显著性差异( $P < 0.05$ )。4月份之后,3个区域内种苗开始进行克隆生长,茎枝数不断增加。从种苗茎枝数随时

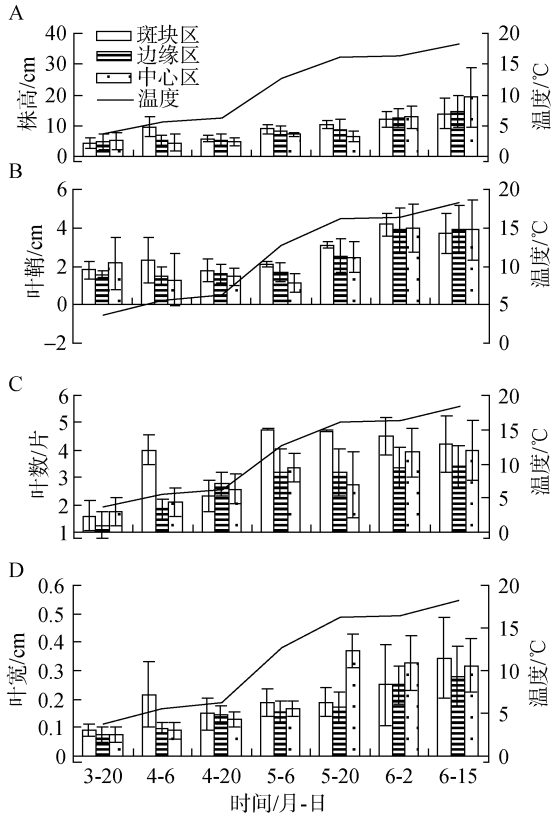


图 4 大叶藻种苗株高(A)、叶鞘高(B)、叶数(C)、叶宽(D)的生长变化

Fig. 4 Changes in seedling height (A), leaf sheath height (B), leaf number (C), and leaf width (D)

间变化图中可以较清楚的看出, 3 个区域内茎枝数大小趋势为: 斑块区>中心区域>边缘区。中心区域的茎枝

数在5月底6月份达到相对稳定, 而大叶藻海草床边缘区域和大叶藻斑块区的茎枝数还在不断增加。

### 3 讨论

#### 3.1 大叶藻种苗密度的影响因素

##### 3.1.1 种子库

大叶藻作为北半球分布最为广泛的海草之一, 其种群的生长状况、种群补充情况对北半球近岸生态系统具有重要影响<sup>[1-2]</sup>。大叶藻有性生殖是通过生殖枝产生种子, 进而萌发成幼苗的繁殖方式, 其种苗密度、生长状况是评定大叶藻种群健康状况的重要条件。大叶藻种苗密度首先受种子库, 即海草床及周边区域底质中种子数量、种子质量和种子分布情况的影响。种子库大小将直接影响种苗密度大小, Qin 等<sup>[20]</sup>发现天鹅湖内大叶藻海草床中心区比斑块区种子量要高, 这与本实验研究结果, 中心区春季种苗密度要比斑块区高相一致。种子库质量是影响种苗密度的另一重要因素, 种子成熟度低、种子腐烂都会降低种子的质量, 进而影响大叶藻种苗的密度。种子库的分布存在异质性, 种子并非均匀分布, 导致种子分布不均的主要因素包括潮汐作用、生殖枝分布不均等<sup>[19]</sup>。未发表的研究结果显示海草中心区生殖枝密度较边缘区和大叶藻斑块区高, 这意味着海草床中心区潜在产种能力最高, 但本实验研究结果显示海草床边缘区域比中心区种苗密度高, 这可能与天鹅湖潮汐作用有关。

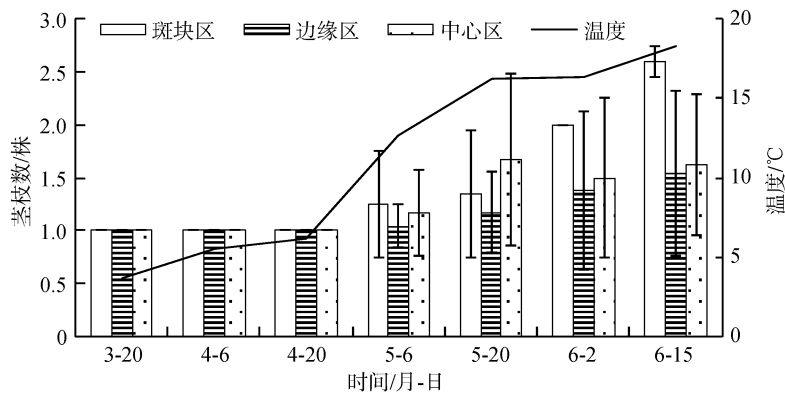


图 5 大叶藻种苗的分支变化

Fig. 5 Changes of seedlings branch

##### 3.1.2 温度

研究发现天鹅湖大叶藻种苗的密度与水温的大小成正相关, 3月到4月水温较低(四月份仍低于6.2℃), 种子大量萌发使得种苗密度不断升高, 5月份温度超

过 10℃(5月20日 16.2℃)萌发结束, 种苗密度不再增加。这与 Marion 等<sup>[29]</sup>发现大叶藻种子只会在 10℃以下萌发, 超过 15℃不再萌发的结果发相一致。Golden 等<sup>[16-17]</sup>在美国切萨皮克湾利用种子进行大叶藻恢复

实验,发现种子萌发时间也在春季。种子萌发后,种苗个体不断生长,生物量逐渐增加,但随着种苗的生长,其死亡率也不断增加,种苗密度又开始减少,最终在6月份到达稳定,这与天鹅湖内环境容纳量一定相适用<sup>[30]</sup>。

### 3.1.3 其他因素

本研究在天鹅湖海草床中心区域、海草床边缘区域、海草床斑块区3个区域内分别进行种苗密度调查,虽然3个区域并没有明显差异( $P>0.05$ ),但从3个区域种苗春季密度随时间变化图上可以较清楚的看出,大叶藻海草床种苗密度关系为:边缘区域>中心区域>大叶藻斑块区(见图1),这与一结果与Qin等<sup>[20]</sup>在对天鹅湖种子分布的调查中发现天鹅湖内大叶藻海草床边缘区域的海草种子量最多相一致。天鹅湖内海草床密度的大小可能也会对种子萌发、幼苗成活可能也存在一定影响,说明大叶藻种苗密度也受海草床密度大小的影响。Harper等<sup>[31]</sup>也指出种内竞争会影响种子的萌发,幼苗的存活率,这可能是导致大叶藻海草床中心区域种苗密度比边缘区域低的原因。此外,海草床内生物如蓝蟹(*Callinectes sapidus*)和大西洋黄鱼(*Micropogonias undulatus* L.)的摄食作用<sup>[32]</sup>,自然状态下种子的死亡率<sup>[33]</sup>都会影响着种子的含量,进而影响了种苗的密度。

## 3.2 大叶藻种苗生长状况

本研究采用株高(cm)、叶鞘高(cm)、叶数(片)、叶宽(cm)<sup>[18-20, 34]</sup>以及种苗的分枝数(株)等形态学指标来描述大叶藻种苗的生长状况。在室内和室外实验中,幼苗的株高和叶鞘高都是较为直观的指标,运用广泛<sup>[30, 34-35]</sup>。春季天鹅湖大叶藻种苗只是进行了初步的生长,与天鹅湖内营养枝生长状况相比,种苗各项生长指标都较低。李勇等<sup>[34]</sup>2013年春季调查的天鹅湖大叶藻营养株的株高、叶鞘高的结果显示其高度分布为(139.0±7.1)cm, (32.4±1.1)cm,明显高于本实验测量种苗株高(6月份海草床中心区高度(19.14±9.40)cm)和叶鞘高(6月份中心区高度(4.18±0.60)cm)。大叶藻种苗叶宽,对比于往年天鹅湖大叶藻营养枝的叶宽,也相对较窄(营养枝叶宽0.65cm,种苗叶宽最大值(0.345±0.140)cm)<sup>[34]</sup>。大叶藻种苗的叶数与之前天鹅湖成熟营养枝春季调查的叶片数相对低。

大叶藻无性繁殖在全年都有发生,种子萌发以后,随着种苗的进一步生长,大叶藻会由原来的单茎枝,不断扩增变成多茎枝,种苗产生的新茎枝是

大叶藻克隆生长的产物。对大叶藻克隆生长能力的室内研究结果显示,单茎枝经过一年的克隆生长,到第二年夏季平均能产生5.41个茎枝<sup>[36]</sup>,而天鹅湖春季种苗的茎枝数,其峰值为(2.60±0.14)株,综合研究结果中的其他生长指标,可见大叶藻茎枝的生长在春季并没有完成,而只是完成了从种子到幼苗的萌发过程,以及初步的种苗生长、茎枝的分化,大叶藻后续的快速生长还要通过以后的季节来完成。

### 参考文献:

- [1] den Hartog C. The Sea-grasses of the World. North Holland Publication, Amsterdam. 1970, 234-275.
- [2] 杨宗岱. 中国海草植物地理学的研究[J]. 海洋湖沼通报, 1979, 2(4): 41-46.  
Yang Zongdai. Seagrass botanical geography study in China[J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 1979, 2(4): 41-46.
- [3] 许战洲, 黄良民, 黄小平, 等. 海草生物量和初级生产力研究进展[J]. 生态学报, 2007, 27(6): 2594-2602.  
Xu Zhanzhou, Huang Liangmin, Huang Xiaoping, et al. Review of seagrass biomass and primary production research[J]. Acta Ecologica Sinica, 2007, 27(6): 2594-2602.
- [4] Duarte C M, Chiscano C L. Seagrass biomass and production: a reassessment[J]. Aquatic Botany, 1999, 65: 159-174.
- [5] 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.
- [6] Heck K L, Valentine J F. Plant-herbivore interactions in seagrass meadows[J]. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 2006, 330(1): 420-436.
- [7] 刘炳舰. 山东典型海湾大叶藻资源调查与生态恢复的基础研究[D]. 青岛: 中国科学院海洋研究所, 2012.  
Liu Bingjian. Foundational Studies on Eelgrass Resources Investigation and Ecological Restoration of Typical Bays in Shandong[D]. Qingdao, Institute of Oceanology, Chinese academy of Sciences, 2012.
- [8] Walker D I, Kendrick G A, McComb A J. Decline And Recovery Of Seagrass Ecosystems— The Dynamics of Change[J]. Seagrasses Biology Ecology and Conservation, 2007, 551-565.
- [9] Short F T, Burdick D M. Quantifying eelgrass habitat loss in relation to housing development and nitrogen loading in Waquoit Bay, Massachusetts[J]. Estuaries, 1996, 19(3): 730-739.
- [10] SHORT F T, POLIDORO B, LIVINGSTONE S R, et al. Extinction risk assessment of the world's seagrass species[J]. Biological Conservation, 2011, 144(144): 1961-1971.

- [11] Fishman J R, Orth R J, Marion S, et al. A Comparative Test of Mechanized and Manual Transplanting of Eelgrass, *Zostera marina*, in Chesapeake Bay[J]. Restoration Ecology, 2004, 12(2): 214-219.
- [12] 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(97): 1-15.
- [13] Orth R J, Luckenbach, et al. Seagrass recovery in the Delmarva Coastal Bays, USA[J]. Aquatic Botany, 2006a, 84(1): 26-36.
- [14] Oliva S, Romero J, Pérez M, et al. Reproductive strategies and isolation - by - demography in a marine clonal plant along an eutrophication gradient[J]. Molecular ecology, 2014, 23(23): 5698-5711.
- [15] Orth R J, Marion S R, Granger S, et al. Evaluation of a mechanical seed planter for transplanting *Zostera marina* (eelgrass) seeds[J]. Aquatic Botany, 2009, 90(2): 204-208.
- [16] Golden R R, Busch K E, Karrh L P, et al. Large - Scale *Zostera marina* (eelgrass) Restoration in Chesapeake Bay, Maryland, USA. Part II: A Comparison of Restoration Methods in the Patuxent and Potomac Rivers[J]. Restoration Ecology, 2010, 18(4): 501-513.
- [17] Orth R J, Fishman J R, Harwell M C, et al. Seed-density effects on germination and initial seedling establishment in eelgrass *Zostera marina* in the Chesapeake Bay region[J]. Marine Ecology: progress, 2003, 250(1): 71-79.
- [18] Park J I, Lee K S. Effects of the Loess Coating on Seed Germination and Seedling Growths of the Eelgrass, *Zostera marina*[J]. Algae, 2007, 22(2): 141-146.
- [19] Orth R J, Luckenbach M, Moore K A. Seed dispersal in a marine macrophyte: implications for colonization and restoration[J]. Ecology, 1994: 1927-1939.
- [20] Qin L Z, Li W T, Zhang X M, et al. Sexual reproduction and seed dispersal pattern of annual and perennial *Zostera marina* in a heterogeneous habitat[J]. Wetlands Ecology and Management, 2014, 22(6): 671-682.
- [21] Jarvis J C, Moore K A, Kenworthy W J. Persistence of *Zostera marina* L. (eelgrass) seeds in the sediment seed bank[J]. Journal of Experimental Marine Biology & Ecology, 2014, 459(1): 126-136.
- [22] Orth R T, Jawad J T, Lombana A V, Moore K A, et al. A review of issues in seagrass seed dormancy and germination: implications for conservation and restoration[J]. Mar Ecol Prog Ser, 2000, 200: 277-288.
- [23] Reed D C, Holbrook S J, Solomon E, et al. Studies on germination and root development in the surfgrass *Phyllospadix torreyi*: implications for habitat restoration[J]. Aquatic botany, 1998, 62(2): 71-80.
- [24] Khan M A, Ungar I A. Effects of thermoperiod on recovery of seed germination of halophytes from saline conditions. American Journal of Botany, 1997, 84: 279-283.
- [25] Kishima J, Harada S, Sakurai R. Suitable water temperature for seed storage of *Zostera japonica* for subtropical seagrass bed restoration[J]. Ecological Engineering, 2011, 37(9): 1416-1419.
- [26] 薛允传, 贾建军, 高抒. 山东月湖的沉积物分布特征及搬运趋势[J]. 地理研究, 2002, 21(6): 707-714.  
Xue yunchuan, Jia Jianjun, Gao Shu. Sediment distribution and transport patterns in the Lagoon Yuehu at the eastern tip of Shandong Peninsula, China[J]. Geographical Research, 2002, 21(6): 707-714.
- [27] Yang Y, Yin X, Mu X, et al. Environmental geochemistry of Swan Lake Inlet, Rongcheng Bay, the Yellow Sea of China[J]. Chinese Journal of Geochemistry, 2001, 20(2): 152-160.
- [28] 张晓梅, 周毅, 王峰, 等. 山东荣成天鹅湖矮大叶藻种群的生态特征[J]. 应用生态学报, 2013, 24(7): 2033-2039.  
Zhang Xiaomei, Zhou Yi, Wang Feng, et al. Ecological characteristics of *Zostera japonica* population in Swan Lake of Rongcheng, Shandong Province of China. [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2013, 24(7): 2033-2039.
- [29] Marion S R, Orth R J. Factors Influencing Seedling Establishment Rates in *Zostera marina* and Their Implications for Seagrass Restoration[J]. Restoration Ecology, 2010, 18(4): 549-559.
- [30] Duarte C M, Sand-Jensen K. Nutrient constraints on establishment from seed and on vegetative expansion of the Mediterranean seagrass *Cymodocea nodosa*[J]. Aquatic Botany, 1996, 54(4): 279-286.
- [31] Harper J L. The Behaviour of Seeds in Soil: I. The Heterogeneity of Soil surfaces and its Role in Determining the Establishment of Plants from Seed[J]. Journal of Ecology, 1965, (2): 273-286. Fishman J R, Orth R J.
- [32] Effects of predation on *Zostera marina* L. seed abundance[J]. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 1996, 198(1): 11-26.
- [33] Morita T, Okumura H, Abe M, et al. Density and distribution of seeds in bottom sediments in *Zostera marina* beds in Ago Bay, central Japan[J]. Aquatic botany, 2007, 87(1): 38-42.
- [34] 李勇, 李文涛, 聂猛, 等. 山东荣成天鹅湖大叶藻形态和生长的季节性变化研究[J]. 海洋科学, 2014, 38(9): 39-46.  
Li Yong, Li Wentao, Nie Meng, et al. Seasonal variations in the morphology and growth of *Zostera marina* in Swan Lake, Shandong[J]. Marine Sciences, 2014, 38(9): 39-46.

- [35] 田璐, 张沛东, 牛淑娜, 等. 不同处理对大叶藻种子萌发和幼苗建成的影响[J]. 生态学杂志, 2014, 33(9): 2408-2413.  
Tian Lu, Zhang Peidong, Niu Shuna, et al. Effects of different treatments on seed germination and seedling establishment of eelgrass *Zostera marina* L.[J]. Chinese Journal of Ecology, 2014, 33(9): 2408-2413.
- [36] 郑凤英, 刘雪芹, 金艳梅, 等. 大叶藻的克隆生长特征[J]. 生态学杂志, 2013, 32(11): 2997-3003.  
Zheng Fengying, Liu Xueqin, Jin Yanmei, et al. Clonal growth characteristics of *Zostera marina* L.[J]. Chinese Journal of Ecology, 2013, 32(11): 2997-3003.

## Supplementary investigation of eelgrass seedlings (*Zostera marina* L.) in Swan lake

WANG Peng-mei<sup>1,2</sup>, ZHOU Yi<sup>1</sup>, ZHANG Xiao-mei<sup>1,2</sup>, WANG Feng<sup>1,2</sup>, GU Rui-ting<sup>1,2</sup>, XU Shao-chun<sup>1,2</sup>, SONG Xiao-yue<sup>1,2</sup>

(1. Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Received:** Nov. 8, 2015

**Key words:** *Zostera marina* L.; sexual reproduction; seedlings; density

**Abstract:** In this study, we examined seedlings of the eelgrass *Zostera marina* L. in a typical lagoon (Swan Lake, Rongcheng, Shandong Province). We conducted an in situ investigation from March to June 2015. During this period, we measured the eelgrass seedling density, seedling height, leaf sheath height, leaf number, leaf width, and branch number. The results show that while the seeds began to germinate in March, the germination rate was very low, as was the seedling density. In April, many seeds began to germinate, and the seedling density increased rapidly and reached a peak ( $481.77 \pm 303.42$  shoots·m<sup>-2</sup>). The seed germination ended in May, and the seedling density decreased gradually. The seedlings began to branch new shoots in May, and these seedling shoots continued to grow and produced sexual shoots in June. At this time, seedling germination had ended, and the seedlings entered the sexual reproduction stage.

(本文编辑: 梁德海)