

网络优先数字出版时间:2016-05-17

网络优先数字出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/45.1075.N.20160517.1546.008.html>

龙须菜池塘养殖及其对氮磷去除效果的研究*

Study on Pond Cultivation of *Gracilaria lemaneiformis* and Removal of $\text{NH}_4\text{-N}$ and $\text{PO}_3\text{-P}$

王翔宇^{1,2}, 张少春¹, 吴海一^{1,2**}

WANG Xiangyu^{1,2}, ZHANG Shaochun¹, WU Haiyi^{1,2}

(1. 山东省海洋生物研究院, 山东青岛 266104; 2. 青岛市大型海藻工程技术研究中心, 山东青岛 266104)

(1. Marine Biology Institute of Shandong Province, Qingdao, Shandong, 266104, China; 2. Macroalgae Engineering Technology Centre of Qingdao, Qingdao, Shandong, 266104, China)

摘要:【目的】研究龙须菜(*Gracilaria lemaneiformis*)在海参养殖池塘中的生长特性及其对水体中氨氮和活性磷的去除作用。【方法】2014年6~8月,在山东乳山海参养殖池塘试验养殖龙须菜,设置不同养殖深度和养殖方法,共养殖80 d。【结果】龙须菜最大增重从0.7 kg到6.1 kg,增长8.5倍,其SGR可达5.5%;水体氨氮平均下降22.7%,活性磷下降21.4%。【结论】龙须菜可以在适合的池塘中养殖,并且能有效去除水体中的氨氮和活性磷,是有效的近海生境修复海藻。

关键词:龙须菜 池塘养殖 氨氮 活性磷

中图分类号:S968.43 文献标识码:A 文章编号:1002-7378(2016)02-0112-04

Abstract:【Objective】Growth characteristics of *Gracilaria lemaneiformis* was studied in the sea cucumber breeding pond, and nutrient reduction efficiency of ammonium and phosphorus were determined. 【Methods】From June to August, 2014, in Rushan of Shandong, *G. lemaneiformis* was cultured with giving different conditions. 【Results】The maximum weight increased from 0.7 kg to 6.1 kg, by 8.5 times factor, the SGR could reach to 5.5%. The reduction efficiency of ammonium and phosphorus were reached to 22.7% and 21.4%, respectively. 【Conclusion】The results showed that *G. lemaneiformis* could grow well in pond under suitable condition, in addition, it uptaked effectively ammonium and phosphorus which was the suitable candidates for habitat restoration.

Key words: *Gracilaria lemaneiformis*, cultivation in pond, ammonium, phosphorus

收稿日期:2016-03-25

修回日期:2016-05-03

作者简介:王翔宇(1979—),男,助理研究员,主要从事养殖海藻繁育研究。

* 海洋公益专项(201305021, 201305005), 海洋经济创新发展区域示范项目和山东省现代农业产业技术体系建设专项资金项目(SDAIT-26)资助。

** 通讯作者:吴海一(1973—),男,副研究员,主要从事海洋生态学研究, E-mail: wuhaiyi1997@163.com。

0 引言

【研究意义】我国的浅海海水养殖业近年来逐渐走上高密度、规模化发展道路,但同时也带来很多污染问题:大量残饵及生物残骸的积累,使养殖水体中的有机物、氨氮和亚硝酸氮等污染物的浓度日益增加,水质恶化,影响产业的可持续健康发展^[1]。其中海水池塘养殖业因其环境较为封闭,加上经济利益的驱使,使得其生态环境恶化的趋势更为明显。【前

人研究进展】人们普遍认为,在养殖系统中混养大型海藻,能够修复或者缓解水质富营养化^[2]。黄道建等^[3]筛选石莼(*Ulva pertusa*)和羽藻(*Bryopsis plumosa*)作为近海环境修复的工具藻,岳维忠等^[4]用砺菜(*Ulva conglobatakjellm*)和草叶马尾藻(*Sargassum graminifolium*)作为净化水质的优良材料,胡凡光等^[5]在海参池塘养殖脆江篱(*Gracilaria bursapastoris*),Oliveira等^[6]和Marinho-Soriano等^[7]在虾池中养殖江篱(*Gracilaria birdiae*)都取得良好效果,因此养殖大型海藻是近海环境修复的有效措施。龙须菜是一种具有重要经济价值的海藻,它可以吸收海水中大量的N、P营养盐,对海水的净化有重要作用^[8]。**【本研究切入点】**研究适合在海参养殖池塘养殖龙须菜的养殖模式,并初步研究其对水体修复的效果。**【拟解决的关键问题】**以海藻龙须菜(*Gracilaria lemaneiformis*)为对象,研究在不同养殖方式下龙须菜的生长特性及其对水体中氨氮和活性磷的去除作用。

1 材料和方法

1.1 试验场地

实验点位于山东半岛南部沿海的山东乳山徐家镇的海参养殖池塘,此处南濒黄海,属于中纬度暖温带季风气候区,气候温和,温差较小,雨水丰沛。池塘环境条件:面积6 000 m²,平均水深2 m,但其底部有石块,不平坦;水温17~25℃,水体较为浑浊,透明度较差,平均盐度为28‰,年平均pH值为8.2;在养殖海藻期间,基本上每3 d换1/3水体。

1.2 材料

养殖海藻为龙须菜(*Gracilaria lemaneiformis*),其在自然分类系统上属红藻门、真红藻纲、杉藻目、江篱科、江篱属,产地在荣成、乳山等山东沿海,多生长在潮间带下部到潮下带,生长繁殖季节在6~10月份,最长可达1 m以上,生物量较大^[9],目前我国浅海已有大面积养殖^[10],是一种生长范围较广,经济价值较高的海藻。养殖所用龙须菜来自荣成俚岛养殖筏架,用保温车运到养殖地。

1.3 方法

养殖筏架:移动可调筏架,用直径6 cm的塑料管做成3 m×6 m的长方形筏架,固定于两条缆绳上。这样一可以随时调节整个养殖筏架的深度,不必调节单个苗绳,大大减少劳动量;二可以通过移动固定筏架的绳子,调节筏架间的距离,方便人员维护

池塘。

养殖方式:海藻夹于苗绳上,苗绳长度为3 m,分别是平挂和垂挂,平挂即将苗绳两端系于筏架上,苗绳最低点距离水面0.5 m,垂挂是苗绳系于筏架一端,苗绳垂到水底。夹苗距离为20 cm,龙须菜初始质量分别为0.7 kg和1.0 kg,共4个实验组(表1),每10 d测量20个样的质量,根据公式 $SGR = [(W_t/W_0)^{1/t} - 1] \times 100$,计算特定生长率(SGR),式中 W_t 为每10 d结束时藻体鲜重, W_0 指每10 d开始时藻体鲜重, t 为养殖时间。

养殖量:筏架在池塘中间,面积2 000 m²,约占池塘面积1/3。其中4排筏架,筏架横纵向间距1 m,每排长度80 m,宽度是3 m,苗绳养殖间隔50 cm。

表1 实验组设置

Table 1 The experimental group

项目 Item	实验组 1 Group 1	实验组 2 Group 2	实验组 3 Group 3	实验组 4 Group 4
初始质量 Initial weight(kg)	1.0	0.7	1.0	0.7
养殖方式 Cultivation methods	平挂 Horizontal method		垂挂 Hanging method	

1.4 水质监测

每天监测池塘养殖表层和底层的光照及温度,每10 d监测池塘进水口区域及海藻养殖中心区海水的氨氮和活性磷浓度。氨氮和活性磷测量方法:取(0.5±0.1)m水深的水样,用孔径0.2 μm的滤膜过滤后,置于100 mL取样瓶,加入2滴四氯化碳,用保温箱低温运回实验室;分析方法参照标准GB17378.4-2007,其中氨氮的测量采用次溴酸钠氧化法,活性磷的测量采用抗坏血酸还原钼蓝法(分光光度计型号Spectrum722E)。因为在开放式的养殖环境中,而且养殖时间较长,无法定量检测藻体生物量和营养盐变化的具体关系,因此没有进行藻体生物量和整个水体营养盐变化的相关性分析。

1.5 数据统计分析

采用EXCEL软件进行统计分析, $P < 0.05$ 作为差异显著水平。

2 结果与分析

2.1 龙须菜生长情况

如图1所示,在整个实验期间(80 d),实验组2的质量最重为6.1 kg,增重8.5倍;实验组4的质量最轻为4.7 kg,但增重倍数排列第二,为6.6倍。方

差分析结果表明,实验组 1,2,3 和实验组 4 增重差异明显,其它各实验组之间差异不明显,说明适当提高养殖初始质量和充足的光照都能够提高龙须菜的产量。另外,从图 2 中可以看出,龙须菜每 10 d 的生长率变化没有明显的规律。

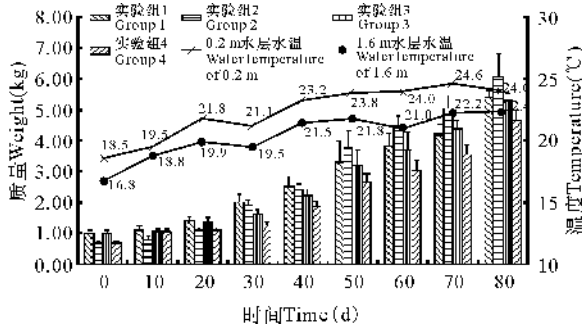


图 1 龙须菜的重量变化

Fig. 1 The growth of *G. lemaneiformis*

2.2 水体中氨氮和活性磷的去除效果

如表 2 所示,整个养殖期间,进水口和养殖区两个位置的水体中氨氮平均含量分别为 0.44 mg/L 表 2 不同取样位置氨氮、活性磷的变化 (Mean±SD, mg/L)

Table 2 The variance of NH₄-N and PO₄-P concentration in different position (Mean±SD, mg/L)

项目 Item	位置 Location	时间 Time(d)							
		10	20	30	40	50	60	70	80
NH ₃ -N 浓度 Ammonium concentration	进水口 Intake	0.54±0.04	0.59±0.05	0.46±0.04	0.29±0.02	0.31±0.02	0.25±0.01	0.57±0.03	0.49±0.05
	养殖区 Cultivation area	0.44±0.05	0.46±0.03	0.41±0.02	0.14±0.01	0.21±0.02	0.18±0.01	0.49±0.02	0.39±0.05
PO ₄ -P 浓度 Phosphorus concentration	进水口 Intake	0.14±0.01	0.18±0.02	0.20±0.01	0.12±0.01	0.09±0.01	0.06±0.01	0.19±0.04	0.16±0.02
	养殖区 Cultivation area	0.08±0.01	0.06±0.00	0.15±0.01	0.08±0.01	0.07±0.00	0.05±0.00	0.14±0.03	0.09±0.02

3 讨论

3.1 海藻在池塘中的生长

我国海水池塘养殖在海参养殖的带动下发展迅速,如果能够在池塘中养殖大型海藻,则可以促进池塘养殖的立体化,带来较好的经济生态效益,而大型海藻的选择及适宜的养殖方式是问题的关键。本研究以海藻龙须菜为研究对象,重点探讨不同的养殖方式对它们的影响,建立适宜于其生长的养殖方式,结果表明其能够在池塘中适宜条件下长时间生长。

另外,研究发现龙须菜生长需要较强的光照,平挂于浅水层较适宜于龙须菜生长。但是在水温 17~23℃时,其生长速度没有明显的规律性,原因可能是龙须菜在池塘中养殖会附着海鞘等,海鞘等的附着

和 0.34 mg/L,养殖区的氨氮平均含量相对于进水口而言,下降 22.7%;活性磷平均含量分别为 0.14 mg/L 和 0.11 mg/L,养殖区的活性磷平均含量相对于进水口而言,下降 21.4%。方差分析表明两个取样点水体中营养盐浓度差异显著,说明龙须菜对于水体中营养盐有良好的吸收作用。但是营养盐下降的比率并未随龙须菜生物量的增加而增大。

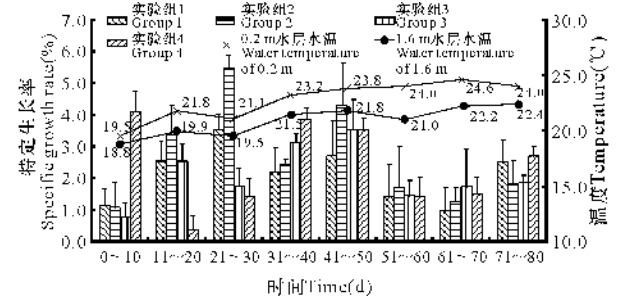


图 2 龙须菜每 10 d 增长率的变化

Fig. 2 The SGR of *G. lemaneiformis* every 10 days

会影响龙须菜的生长,这在池塘养殖条件下属正常现象。

3.2 海藻对水体中营养盐的去除效率

大型海藻一般都有较强的氮磷吸收能力,利用这种特性可以减少养殖水体中的营养盐^[11],有研究表明龙须菜对氨氮和活性磷最大去除效率为 83.7%和 70.4%(文献[12])。通常的营养盐去除效率指标包括营养吸收率(Nutrient uptake rate)和营养去除效率(Nutrient reduction efficiency)。本研究发现,龙须菜对于氨氮和活性磷都有较高的去除效率,但仅限于海藻养殖中心区和其它区域的对比,研究结果较为浅显,这是因为在池塘这种动态的大水体中,影响因子较多,如水体大小,水流交换,不同季节及海藻多少等。要精确地研究营养盐去除效

率的两个指标,还需要长期系统研究。

4 结论

龙须菜适合于池塘养殖,并能有效地去除氨氮和活性磷这两个主要的营养元素,可以作为提高池塘经济产出和富营养化修复的海藻种类。

参考文献:

- [1] 李京梅,郭斌.我国海水养殖的生态预警评价指标体系与方法[J].海洋环境科学,2012,31(3):448-452.
LI J M, GUO B. Marine aquaculture ecological warning evaluation index system and method in China[J]. Marine Environmental Science, 2012, 31(3): 448-452.
- [2] 胡文佳,杨圣云,朱小明.海水养殖对海域生态系统的影响及其生物修复[J].厦门大学学报:自然科学版,2007,46(增刊1):197-202.
HU W J, YANG S Y, ZHU X M. The impact of mariculture on the marine ecosystem and studies on bioremediation[J]. Journal of Xiamen University: Natural Science, 2007, 46(sup 1): 197-202.
- [3] 黄道建,黄小平,岳维忠.大型海藻体内 TN 和 TP 含量及其对近海环境修复的意义[J].台湾海峡,2005,24(3):316-321.
HUANG D J, HUANG X P, YUE W Z. Contents of TN, TP in macro algae and its significance for remediation of coastal environment[J]. Journal of Oceanography in Taiwan Strait, 2005, 24(3): 316-321.
- [4] 岳维忠,黄小平,黄良民,等.大型藻类净化养殖水体的初步研究[J].海洋环境科学,2004,23(1):13-15.
YUE W Z, HUANG X P, HUANG L M, et al. Preliminary study on purification of mariculture water by macroscopic algae[J]. Marine Environmental Science, 2004, 23(1): 13-15.
- [5] 胡凡光,王志刚,王翔宇,等.脆江蓠池塘栽培技术[J].渔业科学进展,2011,32(5):67-73.
HU F G, WANG Z G, WANG X Y, et al. Studies on pond cultivation techniques of *Gracilaria bursapastoris* [J]. Progress in Fishery Sciences, 2011, 32(5): 67-73.
- [6] OLIVEIRA V P, FREIRE F A M, SORIANO E M. Influence of depth on the growth of the seaweed *Gracilaria birdiae* (Rhodophyta) in a shrimp pond[J]. Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology, 2012, 16(1): 33-39.
- [7] MARINHO-SORIANO E, MORALES C, MOREIRA W S C. Cultivation of *Gracilaria* (Rhodophyta) in shrimp pond effluents in Brazil[J]. Aquaculture Research, 2002, 33(13): 1081-1086.
- [8] 钟志海,陈伟洲,杨雨玲,等.温度对龙须菜“2007”生理生化特性的影响[J].广西科学,2014,21(6):600-605.
ZHONG Z H, CHEN W Z, YANG Y L, et al. The effects of temperature on the physiological and biochemical characteristics of strain “2007” of *Gracilaria lemaneiformis* [J]. Guangxi Sciences, 2014, 21(6): 600-605.
- [9] 安鑫龙,齐遵利,李雪梅,等.大型海藻龙须菜的生态特征[J].水产科学,2009,28(2):109-112.
AN X L, QI Z L, LI X M, et al. A review on ecological characteristics of seaweed *Gracilaria lemaneiformis* [J]. Fisheries Science, 2009, 28(2): 109-112.
- [10] 张学成,费修缙,王广策,等.江蓠属海藻龙须菜的基础研究与大规模栽培[J].中国海洋大学学报,2009,39(5):947-954.
ZHANG X C, FEI X G, WANG G C, et al. Genetic studies and large scale cultivation of *Gracilaria lemaneiformis* [J]. Periodical of Ocean University of China, 2009, 39(5): 947-954.
- [11] 王翔宇,詹冬梅,李美真,等.大型海藻吸收氮磷营养盐能力的初步研究[J].渔业科学进展,2011,32(4):67-71.
WANG X Y, ZHAN D M, LI M Z, et al. Preliminary studies on the nitrogen and phosphorus absorption capability of macroalgae [J]. Progress in Fishery Sciences, 2011, 32(4): 67-71.
- [12] 毛玉泽,杨红生,周毅,等.龙须菜(*Gracilaria lemaneiformis*)的生长、光合作用及其对扇贝排泄氮磷的吸收[J].生态学报,2005,26(10):3225-3231.
MAO Y Z, YANG H S, ZHOU Y, et al. Studies on growth and photosynthesis characteristics of *Gracilaria lemaneiformis* and its capacity to uptake ammonium and phosphorus from scallop excretion [J]. Acta Ecology Sinica, 2005, 26(10): 3225-3231.

(责任编辑:米慧芝)