

脆江蓠池塘栽培技术

胡凡光 王志刚 王翔宇 李美真* 刘 玮 徐智广

(山东省海水养殖研究所, 青岛 266002)

摘 要 研究了南方藻种脆江蓠移植北方后进行的池塘栽培试验, 试验设置了 5 种不同的脆江蓠池塘栽培模式, 重点观测了池塘水温、盐度、pH 和光照强度对脆江蓠生长的影响。结果表明, 池塘水温的变化和光照强度的强弱对脆江蓠生长影响明显, 本试验条件下的盐度和 pH 变化对脆江蓠生长影响较小。试验显示, 水温 20~30 °C、光照强度 < 3 000 lx、64 h 池水循环 1 次、池塘水深 3 m 处底播栽培最适宜脆江蓠生长, 并且栽培期间定期分苗的藻体生长速率显著高于未定期分苗的藻体。

关键词 脆江蓠 池塘 栽培模式 底播 分苗

中图分类号 S967.4 **文献标识码** A **文章编号** 1000-7075(2011)05-0067-07

Studies on pond cultivation techniques of *Gracilaria bursa pastoris*

HU Fan-guang WANG Zhi-gang WANG Xiang-yu LI Mei-zhen*
LIU Wei XU Zhi-guang

(Mariculture Institute of Shandong Province, Qingdao 266002)

ABSTRACT Five different pond cultivation patterns of *Gracilaria bursa pastoris* were set and the effects of temperature, salinity, pH, and illumination intensity on the growth of algae were examined. The results indicated that water temperature and illumination intensity had significant influence on the growth of *G. bursa pastoris*. The effects of salinity and pH were slight. The conditions of water temperature of 20~30 °C, illumination intensity < 3,000 lx, 100% water exchange per 64h, bottom sowing at a water depth of 3m were suitable for the growth of *G. bursa pastoris*. The growth rate was greatly improved when periodical thinning was carried out.

KEY WORDS *Gracilaria bursa pastoris* Pond Cultivation pattern Bottom sowing Thinning

脆江蓠 *Gracilaria bursa pastoris* 属红藻门 Rhodophyta、红藻纲 Rhodophyceae、真红藻亚纲 Florideae、杉藻目 Gigartinales、江蓠科 Gracilariaceae、江蓠属 *Gracilaria*, 是一种大型经济红藻。藻体藻枝圆柱状, 体色呈红褐色, 藻体体长 20~40 cm, 营固着生活。主要分布于浙江省和福建省沿海, 为我国特有种(张学成等 2004)。

脆江蓠作为大型海藻在优化近海海域生态系统结构、参与全球碳循环、防治海区富营养化和赤潮等方面都有重要的生态作用(汤坤贤等 2003; 许忠能等 2001)。目前, 随着海洋环境污染的日益加剧, 单纯依靠野生藻类资源难以净化海水水质。因此, 开展大型藻类的人工增、养殖是解决养殖海区富营养化、修复养殖水域生态环境的重要举措。而脆江蓠作为大型海藻同样具有快速吸收水体中氮、磷及富集重金属离子的作用(申 华等 2008;

国家海洋公益性行业科研专项经费项目(200905020-4; 200905019-2)和山东省科技攻关计划(2009GG10005012)共同资助

* 通讯作者。E-mail: li-meizhen@163.com

收稿日期: 2011-01-12; 接受日期: 2011-03-23

作者简介: 胡凡光(1977-), 男, 工程师, 主要从事大型海藻养殖与应用研究。E-mail: hfg_2006@sohu.com, Tel: 13573815358

许忠能等 2001;罗勇胜等 2006;何培民等 2007)。脆江蓼还具有耐高温和耐静水环境的特点,同时又是海参、鲍鱼等海珍品的极佳饵料,所以脆江蓼既是养殖池塘生物修复的首选材料,又具有较高的经济价值。

由于夏季高温期间北方池塘海水温度达到 30℃ 以上,是北方池塘大型海藻栽培的空白期,导致了池塘海水受到污染后得不到及时的净化,直接影响到池塘养殖水产品的质量。为了解决北方池塘夏季无大型海藻栽培的技术难题,作者于 2009 年 5 月从福建引进了南方高温藻种脆江蓼,同年 8~10 月在青岛胶南市进行了脆江蓼池塘栽培试验,试验根据池塘水环境因子及脆江蓼的生长特性设置了 5 种不同的栽培模式,并重点观测了池塘水温、盐度、pH 和光照强度对脆江蓼生长的影响。

1 材料和方法

1.1 不同水深栽培脆江蓼试验

1.1.1 试验材料

试验池塘选择山东省青岛市胶南一养殖场设在海边的 2 hm² 蓄水池作为试验用池塘。池塘底质为泥沙底质,泥:沙为(10%~20%):(80%~90%)、池塘海水盐度 28~31、pH 7.8~8.3、池塘水深 1.5~3 m、池底光照强度≤1 000 lx;试验藻种取自 5 月下旬就开始在池塘栽培的脆江蓼,选择处于生长旺盛期、藻体粗壮、分枝繁茂整齐、体色呈红褐色、藻体完整、湿重为 200 g 左右的脆江蓼藻体作为试验藻种;试验苗架为长宽各 1 m 的钢筋焊接正方形框架,以及聚乙烯纤维绳和浮漂若干。

1.1.2 试验方法

1.1.2.1 苗架设计

试验夹苗前首先把钢筋框架和聚乙烯纤维绳充分洗刷和浸泡,或淡水蒸煮苗绳去除毒素等有害物质。然后把处理好的苗绳间隔相同距离绑缚到钢筋框架上,每个框架绑缚 6 根苗绳,框架下面绑缚一网兜防止脆江蓼掉落影响试验。框架四边再绑缚聚乙烯纤维绳,另一端绑好浮漂利于乘船提取、观察。

1.1.2.2 藻体分割及夹苗

把整株脆江蓼藻体从其基部用手术刀分割成几部分,切割下的藻体保持其植株的完整性,藻体长度大于 15 cm,单株藻体湿重不得小于 8 g,侧枝不得少于 10 个。然后将切割好的植株每隔 5 cm 夹入苗架设好的聚乙烯纤维苗绳上,每个苗架夹新鲜脆江蓼藻体 0.5 kg。

1.1.2.3 试验设计

取夹好脆江蓼苗的苗架 4 个,分别放置在池塘水深为 1.5、2、2.5、3 m 处,苗架设置好后按试验要求在浮漂上做好记号(池塘中放置苗架时尽量放在池塘底部平缓的地方)。

1.1.3 试验测量

按照试验设定每 10 d 定期测量池塘水温、盐度、pH 和光照强度,试验数据为测量当日 8:00、12:00 和 15:00 共 3 个不同时间点测量数据的平均值。同时测量每苗架脆江蓼藻体湿重和单株脆江蓼藻体体长,取其平均值。

1.2 不同水层栽培脆江蓼试验

本试验材料、方法及测量同 1.1.1、1.1.2、1.1.3。试验设计为:取夹好苗的脆江蓼苗架 4 个,分别悬挂于池塘水深 0、-1、-2、-3 m(-3 m 处为池塘底部)处,苗架设置好后按试验要求在浮漂上做好记号。

1.3 池塘进排水口处和静水区栽培脆江蓼试验

试验材料、方法及测量同 1.1.1、1.1.2、1.1.3。本试验取脆江蓼苗架分别设置在池塘进、排水口水深 2 m 处和静水区水深 2 m 处各 1 个,苗架设置好后按试验要求在浮漂上做好记号。

1.4 苗架单株和池底单株脆江蓼生长对比试验

试验材料、方法及测量同 1.1.1、1.1.2、1.1.3。本对比试验选取池塘底部 3 m 处苗架上 30 株脆江蓼和池

底 3 m 处生长的 30 株脆江蓠苗为研究对象, 试验期间每 10 d 定期跟踪测量, 然后取其平均值。

1.5 脆江蓠池塘栽培定期分苗与未分苗生长试验

试验材料、方法及测量同 1.1.1、1.1.2、1.1.3。本对比试验选取设在池塘底部 2 m 处的两个初始夹苗量相同的脆江蓠苗架为研究对象, 其中一个苗架脆江蓠苗自然生长, 另一个苗架生长的脆江蓠对其进行定期分苗, 分苗方式为: 分别于 9 月 10 日和 9 月 30 日对其分苗, 分出的脆江蓠藻体分别夹到相同的苗架上, 并放置于相同水深处养殖, 其中 9 月 10 日分出两个苗架, 9 月 30 日分出 3 个苗架, 每次苗架设置好后按试验要求在浮漂上做好记号。

1.6 统计分析

所有测定结果表示为平均数±标准差 ($n \geq 3$), 用方差分析 (ANOVA) 和 t -检验进行统计显著性分析, 以 $P < 0.05$ 作为差异的显著性水平。

2 结果与讨论

2.1 不同水深条件下脆江蓠生长情况比较

表 1 列出了池塘内 1.5、2、2.5、3 m 水深处栽培脆江蓠的试验数据。

表 1 不同水深条件下的环境因子和脆江蓠生长情况
Table 1 Environmental factors and growth of *G. bursa pastoris* at different depth

水深 Water depth (m)	日期(月-日) Date(m-d)	水温 Water temperature (°C)	盐度 Salinity	pH	光照强度 Illumination intensity (lx)	藻体平均长度 Fronde average length (cm)	藻体湿重(kg)/苗架 Fronde wet weight(kg)/ seeding frame
1.5	08-20	29.3	29.2	8.2	10 000	11.7±3.2	0.5
	08-30	24.7	29.5	8.2	9 000	21±3.8	2.1
	09-09	25.4	29.8	8.3	10 000	23.5±4.1	3.9
	09-19	24.2	31	8.4	9 000	23.1±4.7	5.3
	09-29	24.3	30.8	8.2	8 000	24.7±4	7.5
	10-09	21.2	30.5	8.1	8 000	27.5±3.6	9.2
	10-19	16.4	30	8	7 500	27±3.7	9.3
2	08-20	29.1	29.2	8.2	4 500	11.7±3.2	0.5
	08-30	24.6	29.5	8.2	4 000	20.9±6.2	2.4
	09-09	25.1	29.8	8.3	4 500	25.5±4.5	4.5
	09-19	24.2	31	8.4	4 000	26.4±4.2	7.5
	09-29	24.2	30.8	8.2	4 000	27.1±4.2	9.6
	10-09	21	30.5	8.1	4 000	28.6±5.2	11
	10-19	16.4	30	8	3 800	28.3±4.9	11.3
2.5	08-20	29	29.2	8.2	2 500	11.7±3.2	0.5
	08-30	24.5	29.5	8.2	2 300	22.4±4.4	2.6
	09-09	25.1	29.8	8.3	2 500	26.8±3.6	5.7
	09-19	24	31	8.4	2 200	29.4±4.6	9
	09-29	24.2	30.8	8.2	2 000	30.4±5.5	10.5
	10-09	21	30.5	8.1	2 000	31.8±3.8	12
	10-19	16.4	30	8	2 000	30.3±3.6	12.5
3	08-20	29	29.2	8.2	1 500	11.7±3.2	0.5
	08-30	24.5	29.5	8.2	1 200	23.1±4.5	2.7
	09-09	25	29.8	8.3	1 500	27.6±3	6.5
	09-19	24	31	8.4	1 000	30.3±5	10.3
	09-29	24.1	30.8	8.2	1 000	33±5.5	12
	10-09	21	30.5	8.1	900	33.5±4.8	14.1
	10-19	16.4	30	8	900	33.2±4.9	14

由表1分析得知,随着试验时间的推移,池塘水温从8月20日的29.3℃持续降至10月20日的16.4℃;池塘水体盐度变化范围保持在29.2~31之间;pH变化范围为8~8.4;光照强度随着水深的增加逐渐降低。试验分析发现,脆江菼藻体体长和湿重的生长受光照强度和水温的影响较大,光照强度在低于3 000 lx时脆江菼生长良好,水温在20~30℃时脆江菼生长良好,水温低于20℃时脆江菼出现衰退;盐度和pH对脆江菼生长影响相对较小。由表1试验数据分析可知,在不同水深条件下生长的脆江菼其藻体长度不同,随着水深的逐渐增加其藻体长度逐渐增大($P<0.05$),初始夹苗藻体平均长度均为11.7 cm,生长至10月9日达到最大藻体平均长度时,1.5、2、2.5、3 m水深处藻体平均长度分别为27.5、28.6、31.8、33.5 cm,藻体平均长度依次增大;同样由表1试验数据知,初始每苗架夹苗量均为0.5 kg,生长至10月19日测量时,1.5、2、2.5、3 m水深处每苗架藻体湿重分别为9.3、11.3、12.5、14 kg,每苗架藻体湿重随着栽培藻体水深的增加而逐渐增大。

2.2 苗架不同悬挂水层对脆江菼生长的影响

表2为苗架不同悬挂水层脆江菼生长情况。从表2看出,不同悬挂水层对脆江菼生长的影响很大。悬挂于水表层的脆江菼生长最差,其藻体最大平均长度和最大湿重分别为9月29日测得的16.7 cm和2 kg/苗架,

表2 苗架不同悬挂水层环境因子和脆江菼的生长情况

Table 2 Environmental factors and growth of *G. bursa-pastoris* hung in different aqueous layer

水层 Aqueous layer (m)	日期(月-日) Date (m-d)	水温 Water temperature (℃)	盐度 Salinity	pH	光照强度 Illumination intensity(lx)	藻体平均长度 Fronde average length(cm)	藻体湿重(kg)/苗架 Fronde wet weight(kg)/ seeding frame
0	08-20	29.8	29.2	8.2	60 000	11.7±3.2	0.5
	08-30	25	29.5	8.2	50 000	13.1±3.2	1
	09-09	25.7	29.8	8.3	60 000	15.3±4.2	1.3
	09-19	24.5	31	8.4	50 000	16.5±4.1	1.7
	09-29	24.7	30.8	8.2	45 000	16.7±3.5	2
	10-09	21.6	30.5	8.1	45 000	14.2±3.7	1.8
	10-19	16.6	30	8	40 000	13.5±3.7	1.6
-1	08-20	29.4	29.2	8.2	15 000	11.7±3.2	0.5
	08-30	24.7	29.5	8.2	15 000	15.7±4.3	1.6
	09-09	25.4	29.8	8.3	16 000	19.4±2.8	2.8
	09-19	24.3	31	8.4	15 000	19.2±4.7	4.5
	09-29	24.3	30.8	8.2	13 000	21.2±3.6	5
	10-09	21.4	30.5	8.1	13 000	25.7±3.9	7.5
	10-19	16.4	30	8	13 000	25.3±4.6	7.3
-2	08-20	29.1	29.2	8.2	4 500	11.7±3.2	0.5
	08-30	24.6	29.5	8.2	4 000	21.5±3.8	1.9
	09-09	25.1	29.8	8.3	4 500	23.5±4.1	3.8
	09-19	24.2	31	8.4	4 000	23.1±4.7	5
	09-29	24.2	30.8	8.2	4 000	24.7±4	6.5
	10-09	21	30.5	8.1	4 000	29.5±3.4	8.2
	10-19	16.4	30	8	3 800	29.7±3.9	8.5
-3	08-20	29	29.2	8.2	1 500	11.7±3.2	0.5
	08-30	24.5	29.5	8.2	1 200	23.1±4.5	2.7
	09-09	25	29.8	8.3	1 500	27.6±3	6.5
	09-19	24	31	8.4	1 000	30.3±5	10.3
	09-29	24.1	30.8	8.2	1 000	33±5.5	12
	10-09	21	30.5	8.1	900	33.5±4.8	14.1
	10-19	16.4	30	8	900	33.2±4.9	14

试验期间观察发现,挂养在水表层的脆江蓼生长缓慢,藻体瘦弱短小,主枝成浅褐色,侧枝少且呈黄褐色,侧枝生长点弯曲、细小,部分生长点呈白褐色,进入10月份侧枝出现腐烂衰退现象,主要是表层光照强度太高所致。随着悬挂水层的不断加深、光照强度的不断减弱,脆江蓼生长情况逐渐转好,藻体平均长度随悬挂水深的增加逐渐增大($P<0.05$),同样藻体湿重随着悬挂水深的增加也逐渐增大。观察发现,底层藻体生长旺盛,藻体粗壮,分枝繁茂整齐,体色呈深红褐色。

2.3 池塘进排水口处和静水区脆江蓼生长情况比较

由表3可知,试验初始夹苗藻体平均体长均为11.7 cm,藻体湿重均为0.5 kg,试验结束时生长于进排水口处的脆江蓼其最大藻体平均体长和湿重分别为31 cm和12 kg,静水区生长的脆江蓼其最大藻体平均体长和湿重分别为27.8 cm和10.6 kg,进排水口处生长的脆江蓼其藻体体长大于静水区藻体体长($P<0.05$),其藻体湿重重于静水区藻体湿重。试验分析得知,当池塘进排水时会产生一个水流,流水条件下脆江蓼生长比静水条件下生长效果好。

表3 池塘进排水口处、静水区环境因子与脆江蓼生长情况(水深2 m)
Table 3 Environmental factors and growth of *G. bursa pastoris* cultivated at inlet/outlet of pond and static water (Water depth 2m)

栽培条件 Cultivation condition	日期(月-日) Date (m-d)	水温 Water temperature ($^{\circ}\text{C}$)	盐度 Salinity	pH	光照强度 Illumination intensity(lx)	藻体平均长度 Fronde average length(cm)	藻体湿重(kg)/苗架 Fronde wet weight(kg)/ seeding frame
静水 Static water	08-20	29.1	29.2	8.2	4 500	11.7 \pm 3.2	0.5
	08-30	24.6	29.5	8.2	4 000	20.1 \pm 3.8	2.4
	09-09	25.1	29.8	8.3	4 500	25.1 \pm 4.3	4.8
	09-19	24.2	31	8.4	4 000	25.1 \pm 4.9	7.8
	09-29	24.2	30.8	8.2	4 000	26 \pm 4.6	9
	10-09	21	30.5	8.1	4 000	27.8 \pm 3.5	10.6
	10-19	16.4	30	8	3 800	26.2 \pm 5.4	10.5
进排水口 Inlet and outlet of pond	08-20	28.1	29.2	8.2	4 500	11.7 \pm 3.2	0.5
	08-30	24.1	29.5	8.2	4 000	22.4 \pm 4.4	2.6
	09-09	24.3	29.8	8.3	4 500	26 \pm 2.9	5.5
	09-19	24	31	8.4	4 000	27.8 \pm 3.7	8.6
	09-29	24.2	30.8	8.2	4 000	30.1 \pm 4.6	10
	10-09	21	30.5	8.1	4 000	31 \pm 3.4	11.9
	10-19	17.4	30	8	3 800	30.6 \pm 3.3	12

2.4 苗架单株与池底单株脆江蓼生长情况比较

试验数据如表4所示,分析发现相同条件下苗架单株脆江蓼和池底单株脆江蓼生长情况差别较大,池塘底部栽培的脆江蓼其藻体最大平均长度达到39.1 cm,而苗架生长的脆江蓼藻体最大平均长度为33.7 cm,对比池底生长的单株脆江蓼藻体湿重最重为0.48 kg,苗架生长的单株脆江蓼藻体湿重最重为0.25 kg,湿重相差接近1倍。池底生长的单株脆江蓼藻体体长在整个试验期间测量都比苗架单株藻体的体长长($P<0.05$)。试验观察发现,池塘底部生长的脆江蓼其藻体生长侧枝多,藻体长,枝条粗壮,颜色也比苗架生长的更深一些。分析原因可能池底生长的脆江蓼更容易吸收营养,根系也更发达一些。

表4 苗架单株与池底单株脆江蕨环境因子和生长情况(水深3 m)

Table 4 Environmental factors and growth of *G. bursapastoris* cultivated under two patterns of single seeding frame and seeding frame on bottom of the pond (water depth 3 m)

栽培模式 Cultivation pattern	日期(月-日) Date (m-d)	水温 Water temperature (°C)	盐度 Salinity	pH	光照强度 Illumination intensity(lx)	藻体平均长度 Fronde average length(cm)	藻体湿重(kg)/株 Fronde wet weight/ Seeding find
苗架 Seeding frame	08-20	29	29.2	8.2	1 500	13.1±3.5	0.004
	08-30	24.5	29.5	8.2	1 200	21.3±3.2	0.083
	09-09	25.1	29.8	8.3	1 500	27.5±3.4	0.13
	09-19	24	31	8.4	1 000	31.6±4	0.18
	09-29	24.2	30.8	8.2	1 000	33.5±4.3	0.21
	10-09	21	30.5	8.1	900	33.7±4.9	0.25
	10-19	16.4	30	8	900	31.2±3.8	0.23
池底 Bottom of the pond	08-20	29	29.2	8.2	1 500	13.1±3.5	0.004
	08-30	24.5	29.5	8.2	1 200	23.1±4	0.091
	09-09	25.1	29.8	8.3	1 500	30.5±4.4	0.238
	09-19	24	31	8.4	1 000	35.6±5.4	0.35
	09-29	24.2	30.8	8.2	1 000	38.5±6	0.41
	10-09	21	30.5	8.1	900	39.1±4.6	0.48
	10-19	16.4	30	8	900	37.6±5.7	0.46

2.5 脆江蕨池塘栽培定期分苗与未分苗生长情况比较

表5显示,池塘栽培脆江蕨定期分苗和不分苗其生长效果差别很大。试验结果显示,在相同的试验条件下,定期分苗组藻体体长比未分苗组藻体体长生长效果好($P < 0.05$);定期分苗组试验初期由一个藻体苗架,分别于9月10日和9月30日对其分苗,分出的脆江蕨藻体分别夹到相同的苗架上,并放置于相同水深处养殖,其中9月10日分出两个苗架,9月30日分出3个苗架,至试验结束时定期分苗组共有脆江蕨藻体苗架6个。10月19日试验结束时称量脆江蕨藻体湿重,未分苗试验组藻体湿重11.2 kg,定期分苗试验组6个苗架藻体总湿重49.3 kg,定期分苗试验组藻体湿重是未分苗试验组藻体湿重的4.4倍。所以池塘栽培脆江蕨一定要及时分苗,给藻体充足的生长空间,才能获得最大收益。

表5 池塘环境因子和脆江蕨栽培定期分苗与未分苗模式的生长情况(水深2 m)

Table 5 Environmental factors and growth of *G. bursapastoris* with or without thinning (water depth 2 m)

栽培方式 Cultivation pattern	日期(月-日) Date (m-d)	水温 Water temperature (°C)	盐度 Salinity	pH	光照强度 Illumination intensity(lx)	藻体平均长度 Fronde average length(cm)	藻体湿重(kg)/苗架 Fronde wet weight(kg)/ seeding frame
未分苗 Without thinning	08-20	29	29.2	8.2	4 500	11.7±3.2	0.5
	08-30	24.5	29.5	8.2	4 000	21.7±4	2.5
	09-09	25.1	29.8	8.3	4 500	25.3±3.6	5.2
	09-19	24	31	8.4	4 000	25.6±5.3	7.6
	09-29	24.2	30.8	8.2	4 000	27±4.2	9.1
	10-09	21	30.5	8.1	4 000	29.8±4.1	11.6
	10-19	16.4	30	8	3 800	28.2±3	11.2
定期分苗 Periodical thinning	08-20	29	29.2	8.2	4 500	11.7±3.2	0.5
	08-30	24.5	29.5	8.2	4 000	22.3±4.3	2.8
	09-09	25.1	29.8	8.3	4 500	26.6±3.6	6
	09-19	24	31	8.4	4 000	24.5±3.8	13.4
	09-29	24.2	30.8	8.2	4 000	29.8±4.3	18.3
	10-09	21	30.5	8.1	4 000	27.6±2.9	37.6
	10-19	16.4	30	8	3 800	31.6±3.6	49.3

3 小结

通过本试验设置5种不同的脆江蓠池塘栽培模式,详细研究了脆江蓠在池塘栽培的生长情况。实验结果显示,池塘水温的变化和光照强度的强、弱对脆江蓠生长影响最明显,在本试验条件下的盐度和pH变化对脆江蓠生长影响较小。脆江蓠在池塘栽培的最佳生长条件为:水温20~30℃、光照强度<3 000 lx、64 h池水循环1次、池塘水深3 m处底播,同时为了获取最大收益,栽培期间视藻体生长情况定期分苗,保证藻体有充足的生长空间。本栽培试验的成功,不但解决了南方藻种移栽到北方受到气候及生长环境等因素的改变而造成的移植失败,同时对改善池塘生态环境、修复养殖池塘富营养化水质具有明显效果。脆江蓠的移植填补了北方地区没有适合夏季池塘养殖大型藻类的空白,也丰富了我国北方海藻资源的多样性。

参 考 文 献

- 曲克明,卜雪峰,马绍赛. 2006. 贝藻处理工厂化养殖废水的研究. 海洋水产研究, 27(4): 37~43
- 吴超元,李芻芷,林光恒. 1994. 细基江蓠繁殖变型生长适宜环境条件的研究. 海洋与湖沼, 25(1): 60~66
- 李美真,丁刚,詹冬梅,于波,刘玮,吴海一. 2009. 北方海区鼠尾藻大规格苗种提前育成技术. 渔业科学进展, 30(5): 76~82
- 汤坤贤,袁东星,林泗彬,林亚森,游秀萍,沈东煜,陈敏儿,洪万树. 2003. 江蓠对赤潮消亡及主要水质指标的影响. 海洋环境科学, 22(2): 24~27
- 张学成,秦松,马家海,许璞. 2005. 海藻遗传学. 北京:中国农业出版社, 1~13
- 杨宇峰,费修缙. 2003. 大型海藻对富营养化海水养殖区生物修复的研究与展望. 青岛海洋大学学报, 33(1): 53~57
- 费修缙,鲍鹰,卢山. 2000. 海藻栽培——传统方式及其改造. 海洋与湖沼, 31(5): 575~580
- 詹冬梅,李美真,丁刚,宋爱环,于波,黄礼娟. 2006. 鼠尾藻有性繁育及人工育苗技术的初步研究. 海洋水产研究, 27(6): 55~59
- Liu, S. J., Jie, Z. Y., and Zeng, S. F. 1997. The commercial cultivation of *Gracilara* and its polyculture with prawn in China. Journal of Zhanjiang Ocean University, 17(2): 27~30
- Lam, C. W. Y. 1990. Pollution effects of marine fish culture in Hong Kong. Asian Mar. Biol. 7: 1~7