

鼠尾藻池塘秋冬季栽培生态观察

胡凡光¹ 王志刚¹ 李美真^{1*} 徐智广¹ 王翔宇¹ 袁 辉² 李长春²

(¹ 山东省海水养殖研究所 藻类中心实验室 青岛 266002)

(² 青岛海丰水产有限责任公司 266002)

摘 要 2010 年 10 月~2011 年 3 月对鼠尾藻池塘秋冬季栽培的生长情况进行了观察与分析。选择池塘水温、光强、盐度和 pH, 研究其对鼠尾藻 1 年苗、两年苗在不同水层的养殖效果。结果表明, 1) 40~60 cm 水层鼠尾藻生长最好; 其次是 80~100 cm 水层; 0~20 cm 水层生长最慢; 2) 1 年苗、2 年苗在整个试验期间均未发现生殖托。其中部分两年苗藻体生长出 1~2cm 左右次生分枝, 而 1 年苗均未发现次生分枝; 1 年苗于 11 月中旬开始生长出气囊, 两年苗于试验开始时就有气囊, 12 月中旬鼠尾藻气囊开始腐烂脱落, 至翌年 1 月上旬池塘水温降至 0℃ 以下, 池塘水体表层出现结冰现象, 此时鼠尾藻气囊已大部分脱落, 同时有腐烂脱落现象, 藻体缩短、变瘦, 湿重降低, 体色呈黑褐色。2 月下旬随着水温的逐渐回升, 鼠尾藻又有生长现象, 体长及湿重均有增长, 至 3 月上旬发现气囊。3) 鼠尾藻两年苗生长情况比 1 年苗略好, 其同一时期测量的藻体平均体长和单株藻体平均湿重均比 1 年苗大, 鼠尾藻两年苗 S 值 ($S = \text{单株藻体平均湿重}(\text{g}) / \text{藻体平均体长}(\text{cm})$) 大于 1 年苗。

关键词 鼠尾藻 环境因子 气囊 生殖托 次生分枝

中图分类号 S963 **文献识别码** A **文章编号** 1000-7075(2013)01-0151-08

Ecological observations on *Sargassum thunbergii* cultivated in ponds during autumn and winter

HU Fan-guang¹ WANG Zhi-gang¹ LI Mei-zhen^{1*}

XU Zhi-guang¹ WANG Xiang-yu¹ YUAN Hui² LI Chang-chun²

(¹ Algae Research Center, Mariculture Institute of Shandong Province, Qingdao 266002)

(² Qingdao Haifeng Fishery Co. Ltd, 266002)

ABSTRACT High-density pond culture leads to water quality deterioration and wastewater discharge, which may result in pollution of pond and even coastal waters, and affect the sustainable development of pond culture. Domestic and foreign scholars generally believe that large-scale seaweeds cultivation is one of the effective ways to absorb and utilize nutrients and relieve the eutrophication. *Sargassum thunbergii* can rapidly absorb harmful substances in seawater, such as arsenic, zinc and cadmium, as well as $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, P, etc. Therefore, it is suitable to cultivate this algae in cofferdam or artificial reef pond in co-culture with sea cucumber or abalone. *S. thunbergii* cultivation during spring and summer have been widely reported, however, culture during autumn and winter is still very limited. To investigate the growth characteristics

国家海洋公益项目(200905020;200905019;201105008-2)、国家 863 计划(2012AA10A413)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: 2012-05-16; 接受日期: 2012-11-14

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

of *S. thunbergii* in different stages and the impact of environmental factors, such as temperature, light intensity, salinity or pH, on both one year old (1-y algae) and two years old (2-y algae) seedlings, *S. thunbergii* were cultivated at different depths in pond from October 2010 to March 2011. Morphological observation was done and growth rate was determined on the seaweed. It was found that: 1) best growth was achieved at water-depths of 40~60cm, followed by that of 80~100cm, and the slowest growth was found at 0~20 cm; 2) no receptacle was seen during the experiment, and 2-y algae set forth some 1~2 cm secondary branches, while 1-y algae did not; 1-y algae produced air sac in mid-November, while 2-y algae did the same at the beginning of the experiment; from mid-December, air sac began to decay and rot off, when water temperature was below 0°C and pond was frozen in mid-January of the next year, most air sac fell off and the thalli began to rot with shortened length, thin frond, decreased fresh weight and black brown body; as water temperature gradually rose in late February, *S. thunbergii* began to grow, with increasing length and weight; some thalli produced air sac gradually in early March; 3) during this experiment, 2-y algae grew better than 1-y algae, showing greater length and weight, It was found that factor S, which is the ratio of fresh weight to length of a single algae, was also greater in 2-y algae than 1-y algae.

KEY WORDS *Sargassum thunbergii* Environment factors Air sac Receptacle
Secondary branch

鼠尾藻 *Sargassum thunbergii* (Mert.) O. Kuntze 隶属褐藻门、圆子纲、墨角藻目、马尾藻科、马尾藻属, 是北太平洋西部特有的暖温带性海藻, 在我国北起辽东半岛, 南至雷州半岛均有分布, 是沿海常见野生海藻 (Phillips 1995; 原永党等 2006), 具有重要的经济价值, 在海洋生态系统中占有重要地位 (李美真等 2009), 也是一种新型马尾藻的栽培品种。鼠尾藻的价值可体现在许多领域: 如提取凝集素和抗菌物质, 可用于代血浆, 用于制备甘露醇、碘等, 作为抗氧化剂用于很多方面 (郑怡 1994; 张尔贤等 1995; 师然新等 1997; 于广利等 2000; 魏玉西等 2002; 韩晓弟等 2005; 邹吉新等 2005)。

近年来, 随着我国海水养殖业的迅速发展, 池塘养殖规模正在逐年扩大, 特别是海参的高密度池塘养殖, 导致水质下降, 出现富营养化, 病害频发; 另外, 由于养殖池塘大量用药, 带来水产品有安全隐患。如何进行池塘的海藻养殖, 减缓浅海环境污染程度, 是面临的重要问题。除了进行池塘废水的处理外, 开展大型海藻的养殖, 净化水质, 减轻富营养化程度, 也是一条有效途径 (包杰等 2008; Ahn *et al.* 1998)。由于鼠尾藻能够富集重金属, 吸收海水中的氮、磷等, 其生长快, 春、秋季均可生长, 因此是一种多元养殖首选的材料 (詹冬梅等 2006; 吴海一等 2010)。

有关鼠尾藻春、夏两季的生长繁殖已有许多报道 (李美真等 2009; 孙修涛等 2007; 詹冬梅等 2006), 但其秋、冬季季节的生长、繁殖却研究较少。据此, 针对鼠尾藻秋、冬季的生长和繁殖, 开展了研究与观察, 试图获得其池塘养殖条件下生长、繁殖情况, 为鼠尾藻秋冬季节池塘大规模栽培做准备。

1 材料与方 法

1.1 试验时间及地点

2010年10月~2011年3月, 在山东青岛胶南龙湾生物科技有限公司, 进行了鼠尾藻池塘秋冬季栽培试验, 根据鼠尾藻(1年苗、两年苗)的生长特性设置了不同的栽培模式, 重点观测了水温和光照对其生长、繁殖的影响, 同时对鼠尾藻1年苗和两年苗的生长也进行了对比分析。

1.2 试验材料

试验池塘:选择胶南一个 3.3 hm² 刺参养殖池塘作为试验用池塘。池塘底质为泥沙底质,泥:沙为(10%~20%):(80%~90%)、池塘海水盐度 29.1~31、pH 7.7~8.2、池塘水深 1.5~2.5 m。

试验藻种:为人工当年培育鼠尾藻帘子苗(1年苗)和人工培育池塘养殖1周年的鼠尾藻帘子苗(两年苗)。

试验苗架:为PVC管做成长6m、宽2m的日子形框架6个,沉石、浮漂和聚乙烯纤维绳若干(苗架制作时两端各留一直径2cm小口,PVC管内进水用)。

1.3 试验方法

1.3.1 苗种处理

试验用的鼠尾藻苗帘用过滤海水冲洗干净,同时把苗帘上面共生的杂藻(珊瑚藻、石莼等)及甲壳类和多毛类等动物用手仔细剥离下来,操作时要注意不要破坏藻体的完整性。

1.3.2 试验设计

1.3.2.1 鼠尾藻1年苗、两年苗不同水层栽培试验设计

洗刷好的鼠尾藻苗帘20cm的间隔距离,两端分别固定到PVC管做成的日子形框架上,1年苗挂苗框架3个,两年苗挂苗框架3个。沿池塘南北方向设两根浮绳,苗架两侧分别用聚乙烯纤维绳连接浮漂和沉石,苗架管内进水后根据试验设计把浮漂固定到浮绳上,然后通过调节连接浮漂一侧绳的长度,分别把1年苗、两年苗各3个苗架分别设定在池塘水深0~20cm水层、40~60cm水层和80~100cm水层。

1.3.2.2 鼠尾藻1年苗、两年苗生长对比试验

通过观察及测量1年苗、两年苗在整个试验期间的生长情况,试验采用: $S = \text{单株藻体平均湿重(g)} / \text{藻体平均体长(cm)}$ 的计算方式,比较1年苗和两年苗秋冬季生长藻体形态的差异,试验选用40~60cm水层生长的鼠尾藻作为研究对象。

在日常管理方面,采用柴油压力喷水器冲刷苗帘,隔天1次。

1.3.3 观察及测量

试验期间详细观察记录鼠尾藻出现气囊、生长点、次生分枝及其腐烂脱落和再生等生长情况。

根据天气状况及试验设定每10d测量1次鼠尾藻藻体体长和藻体湿重,测量方式为:每个水层生长的苗帘各随机采下30株鼠尾藻苗体,分别测量其藻体体长和藻体湿重(称重时把鼠尾藻苗体放置在脱脂纱布上吸干表面水),取平均值作为单株生物量。每天测量池塘表层水温 and 池塘底层水温,每10d定期测量池塘盐度和pH,试验数据为测量当日08:00、12:00和15:00时,3个不同时间点测量数据的平均值。

1.4 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 结果与分析

2.1 鼠尾藻1年苗不同养殖水层的生长情况

表1列出了池塘秋冬季栽培鼠尾藻1年苗不同水层生长的试验数据。由表1试验数据分析知,40~60cm水层鼠尾藻生长最好,其藻体长度最长、湿重最重,其次是80~100cm水层生长的鼠尾藻,0~20cm水层鼠尾藻生长最慢,藻体长度最短、湿重增长最慢($P < 0.05$)。观察发现,整个试验期间鼠尾藻藻体未生长出生殖托和次生分枝;40~60cm和80~100cm水层生长的鼠尾藻于11月中旬开始生长出气囊,12月中旬气囊开始腐烂脱落,至翌年1月上旬池塘水温降至0℃以下时,池塘水体表层出现结冰现象,此时鼠尾藻气囊已大部分脱落,同时鼠尾藻藻体也开始出现腐烂脱落现象,藻体体长缩短、藻体变瘦、湿重降低、体色呈黑褐色。2月下旬

随着水温的逐渐回升,鼠尾藻藻体开始出现生长迹象,藻体体长及湿重均有增长,至3月上旬发现部分藻体逐渐生长出气囊;0~20 cm 水层生长的鼠尾藻整个秋冬季未生长出气囊、生殖托和次生分枝。

表1 鼠尾藻1年苗秋冬季栽培不同水层环境因子及其生长情况

Table 1 Growth of one year old *S. thunbergii* at different depths in autumn and winter

水层 Water depth (cm)	日期(月-日) Date(m-d)	水温 Water temperature(°C)	光照强度 Illumination intensity(lx)	盐度 Salinity	pH	藻体平均体长 Algae average length (cm)	单株藻体平均湿重 Single algae average wet weight (g)
0~20	10-10	21.6	21 000	29.5	8.1	3.29±1.05	0.30±0.12
	10-20	16.6	20 000	30.1	8	5.08±1.78	0.47±0.17
	10-30	20	19 500	30.2	7.9	6.5±2.53	0.63±0.28
	11-10	13.5	19 000	30.5	7.8	7.25±1.96	0.71±0.31
	11-20	6	18 000	30.8	7.7	8.6±2.43	0.88±0.33
	12-03	5.5	18 500	31	7.7	8.47±2.24	0.86±0.23
	12-14	3.6	17 000	30.3	7.9	7.4±2.05	0.75±0.29
	12-25	1.2	17 500	29.1	8	6.56±1.59	0.65±0.25
	01-07	-0.8	5 000	29.4	8.2	6.42±2.04	0.63±0.25
	01-19	-0.5	4 000	29.5	8	6.28±1.99	0.60±0.26
	01-30	0.5	4 000	29.8	7.8	6.32±1.66	0.63±0.20
	02-12	1.5	5 000	29.3	7.9	6.4±1.83	0.62±0.18
	02-24	2.5	19 000	28.5	8	6.5±1.73	0.64±0.20
	03-04	5	20 000	29.5	8	6.68±2.12	0.69±0.28
	03-16	6.8	22 000	30.1	8.2	7.53±2.62	0.77±0.30
	40~60	10-10	21.4	7 000	29.5	8.1	3.3±1.05
10-20		16.6	6 000	30.1	8	8.2±2.41	0.80±0.29
10-30		19.8	5 500	30.2	7.9	12±2.76	1.27±0.41
11-10		13.6	6 000	30.5	7.8	14.9±3.17	1.73±0.51
11-20		6.2	5 000	30.8	7.7	18.5±4.01	2.07±0.59
12-03		5.9	5 500	31	7.7	19.2±4.04	2.30±0.65
12-14		3.9	4 500	30.3	7.9	16±4.22	1.72±0.53
12-25		1.5	5 000	29.1	8	13.5±3.78	1.41±0.52
01-07		-0.5	1 500	29.4	8.2	13.8±4.17	1.37±0.56
01-19		-0.3	1 200	29.5	8	12.9±3.31	1.26±0.36
01-30		0.7	1 000	29.8	7.8	12.5±3.48	1.23±0.42
02-12		1.7	1 500	29.3	7.9	12.8±3.74	1.32±0.53
02-24		2.8	4 500	28.5	8	13.3±4.06	1.40±0.59
03-04		5.2	5 500	29.5	8	14.1±3.25	1.51±0.45
03-16		6.9	6 000	30.1	8.2	15.3±3.54	1.65±0.58
80~100		10-10	21	3 500	29.5	8.1	3.3±1.05
	10-20	16.8	3 000	30.1	8	7.1±2.21	0.70±0.19
	10-30	19.5	3 000	30.2	7.9	10.4±2.65	1.11±0.41
	11-10	13.9	2 600	30.5	7.8	13.1±3.07	1.46±0.45
	11-20	6.8	2 400	30.8	7.7	16.4±3.72	1.82±0.70
	12-03	6.2	2 500	31	7.7	16.3±3.98	1.73±0.64
	12-14	4.1	2 300	30.3	7.9	13.9±3.78	1.44±0.43
	12-25	1.8	2 000	29.1	8	11.8±4.13	1.21±0.50
	01-07	0	800	29.4	8.2	11.7±3.95	1.16±0.52
	01-19	0.2	700	29.5	8	10.9±2.94	1.07±0.32
	01-30	1	650	29.8	7.8	10.8±2.87	1.09±0.30
	02-12	1.9	750	29.3	7.9	11.2±3.25	1.16±0.45
	02-24	3.5	2 500	28.5	8	11±2.44	1.18±0.42
	03-04	5.5	2 800	29.5	8	11.8±3.07	1.24±0.45
	03-16	7.1	3 000	30.1	8.2	12.9±3.53	1.39±0.53

2.2 鼠尾藻两年苗不同养殖水层的生长情况

表 2 为池塘秋冬季栽培鼠尾藻两年苗不同水层生长的试验数据。由表 2 数据分析可见,不同悬挂水层对鼠尾藻生长影响很大($P < 0.05$),不同水层生长的鼠尾藻至 11 月中旬时其藻体体长和湿重均生长至最大,11 月中旬后其体长和湿重均出现缩减,分析原因为 11 月中旬后由于池塘水温不断降低而导致藻体出现腐烂脱落现象,致使其体长和湿重出现缩减。至翌年 2 月下旬,随着池塘水温的逐渐回升,鼠尾藻藻体开始出现生长迹象,此时藻体体长及湿重均有增长。观察发现,整个试验期间未发现生殖托,部分体长藻体生长有 1~2cm 左右次生分枝,试验开始时即长出气囊,12 月中旬鼠尾藻气囊开始腐烂脱落,至翌年 1 月上旬鼠尾藻气囊已大部分脱落,同时鼠尾藻藻体也开始出现腐烂脱落现象,此时藻体体长缩短、藻体变瘦、湿重降低、体色呈黑褐色。2 月下旬随着水温的逐渐回升,鼠尾藻藻体开始出现生长迹象,藻体体长及湿重均有增长,至 3 月上旬发现部分藻体逐渐生长出气囊。

表 2 鼠尾藻两年苗秋冬季栽培不同水层环境因子及其生长情况

Table 2 Growth of two years old *S. thunbergii* at different depths in autumn and winter

水层 Water depth (cm)	日期(月-日) Date(m-d)	水温 Water temperature(°C)	光照强度 Illumination intensity(lx)	盐度 Salinity	pH	藻体平均体长 Algae average length (cm)	单株藻体平均湿重 Single algae average wet weight (g)
0~20	10-10	21.6	21 000	29.5	8.1	12.2±3.12	1.33±0.49
	10-20	16.6	20 000	30.1	8	13.0±3.32	1.45±0.69
	10-30	20	19 500	30.2	7.9	14.0±4.59	1.60±0.49
	11-10	13.5	19 000	30.5	7.8	14.6±6.01	1.70±0.84
	11-20	6	18 000	30.8	7.7	16.5±5.12	1.90±0.84
	12-03	5.5	18 500	31	7.7	14.9±4.03	1.81±0.65
	12-14	3.6	17 000	30.3	7.9	12.1±2.71	1.50±0.47
	12-25	1.2	17500	29.1	8	10.1±2.98	1.21±0.44
	01-07	-0.8	5 000	29.4	8.2	8.97±2.28	1.09±0.38
	01-19	-0.5	4 000	29.5	8	8.07±2.03	1.00±0.32
	01-30	0.5	4 000	29.8	7.8	8.02±2.53	0.95±0.45
	02-12	1.5	5 000	29.3	7.9	8.52±2.47	1.02±0.35
	02-24	2.5	19 000	28.5	8	9.0±2.44	1.10±0.55
	03-04	5	20 000	29.5	8	10.0±2.57	1.21±0.45
	03-16	6.8	22 000	30.1	8.2	11.4±3.41	1.35±0.62
40~60	10-10	21.4	7 000	29.5	8.1	12.2±3.12	1.33±0.49
	10-20	16.6	6 000	30.1	8	15.1±4.11	1.79±0.60
	10-30	19.8	5 500	30.2	7.9	19.1±4.50	2.30±0.65
	11-10	13.6	6 000	30.5	7.8	22.4±5.61	2.88±0.82
	11-20	6.2	5 000	30.8	7.7	25.8±7.53	3.50±1.44
	12-03	5.9	5 500	31	7.7	23.4±6.87	3.20±1.15
	12-14	3.9	4 500	30.3	7.9	19.9±5.78	2.60±0.98
	12-25	1.5	5 000	29.1	8	18.3±4.99	2.15±0.81
	01-07	-0.5	1 500	29.4	8.2	17.5±4.70	1.91±0.67
	01-19	-0.3	1 200	29.5	8	17.1±4.46	1.80±0.73
	01-30	0.7	1 000	29.8	7.8	16.9±3.80	1.90±0.60
	02-12	1.7	1 500	29.3	7.9	17.0±5.05	2.03±0.78
	02-24	2.8	4 500	28.5	8	18.1±4.74	2.21±0.90
	03-04	5.2	5 500	29.5	8	20.5±5.29	2.51±0.81
	03-16	6.9	6 000	30.1	8.2	21.5±4.71	2.80±0.89
10-10	21	3 500	29.5	8.1	12.2±3.12	1.33±0.49	
10-20	16.8	3000	30.1	8	14.0±3.37	1.60±0.45	
10-30	19.5	3 000	30.2	7.9	15.9±4.21	1.79±0.53	
11-10	13.9	2 600	30.5	7.8	18.1±4.53	2.09±0.67	
11-20	6.8	2 400	30.8	7.7	20.5±5.28	2.60±0.92	
12-03	6.2	2 500	31	7.7	20.1±5.92	2.50±0.91	

续表 2

水层 Water depth (cm)	日期(月-日) Date(m-d)	水温 Water temperature(°C)	光照强度 Illumination intensity(lx)	盐度 Salinity	pH	藻体平均体长 Algae average length (cm)	单株藻体平均湿重 Single algae average wet weight (g)
80~100	12-14	4.1	2 300	30.3	7.9	18.1±4.72	2.10±0.62
	12-25	1.8	2 000	29.1	8	17.0±5.57	2.01±0.92
	01-07	0	800	29.4	8.2	16.1±5.48	1.85±0.72
	01-19	0.2	700	29.5	8	14.9±4.61	1.75±0.79
	01-30	1	650	29.8	7.8	15.0±4.29	1.71±0.72
	02-12	1.9	750	29.3	7.9	15.8±4.71	1.75±0.71
	02-24	3.5	2 500	28.5	8	16.4±4.80	1.84±0.68
	03-04	5.5	2 800	29.5	8	16.9±5.37	1.99±0.72
03-16	7.1	3 000	30.1	8.2	18.0±5.27	2.20±0.72	

2.3 鼠尾藻 1 年苗、两年苗秋冬季栽培生长对比

表 3 为鼠尾藻 1 年苗、两年苗池塘 40~60 cm 水层秋冬季栽培生长对比试验数据,由表 3 数据分析:鼠尾藻两年苗生长情况比 1 年苗略好,其同一时期测量的藻体平均体长和单株藻体平均湿重均比 1 年苗大($P < 0.05$);鼠尾藻两年苗 S 值 [$S = \text{单株藻体平均湿重(g)} / \text{藻体平均体长(cm)}$] 大于 1 年苗,经过试验观察及对数据的分析发现造成这种现象的原因是因为鼠尾藻两年苗比 1 年苗长势旺盛,藻体更加粗壮,其盘状固着器比 1 年苗大,附着牢固,生长的初生分枝数量多,测量发现其藻体主枝直径比 1 年苗略大。

表 3 鼠尾藻 1 年苗、两年苗秋冬季栽培 40~60 cm 水层生长情况

Table 3 Growth of one year old and two years old *S. thunbergii* at 40~60cm depths in autumn and winter

水层 Water depth(cm)	日期(月-日) Date(m-d)	藻体平均体长 Algae average length (cm)	单株藻体平均湿重 Single algae average wet weight (g)	单株藻体平均湿重(g)/ 藻体平均体长(cm)
40 ~ 60 (1 年苗) (One year old seeding)	10-10	3.3±1.05	0.30±0.12	0.091
	10-20	8.2±2.41	0.80±0.29	0.098
	10-30	12±2.76	1.27±0.41	0.106
	11-10	14.9±3.17	1.73±0.51	0.116
	11-20	18.5±4.01	2.07±0.59	0.112
	12-03	19.2±4.04	2.30±0.65	0.120
	12-14	16±4.22	1.72±0.53	0.108
	12-25	13.5±3.78	1.41±0.52	0.104
	01-07	13.8±4.17	1.37±0.56	0.099
	01-19	12.9±3.31	1.26±0.36	0.098
	01-30	12.5±3.48	1.23±0.42	0.098
	02-12	12.8±3.74	1.32±0.53	0.103
	02-24	13.3±4.06	1.40±0.59	0.105
	03-04	14.1±3.25	1.51±0.45	0.107
	03-16	15.3±3.54	1.65±0.58	0.108
	40 ~ 60 (两年苗) (Two years old seeding)	10-10	12.2±3.12	1.33±0.49
10-20		15.1±4.11	1.79±0.60	0.119
10-30		19.1±4.50	2.30±0.65	0.120
11-10		22.4±5.61	2.88±0.82	0.129
11-20		25.8±7.53	3.50±1.44	0.136
12-03		23.4±6.87	3.20±1.15	0.137
12-14		19.9±5.78	2.60±0.98	0.131
12-25		18.3±4.99	2.15±0.81	0.117
01-07		17.5±4.70	1.91±0.67	0.109
01-19		17.1±4.46	1.80±0.73	0.105
01-30		16.9±3.80	1.90±0.60	0.112
02-12		17.0±5.05	2.03±0.78	0.119
02-24		18.1±4.74	2.21±0.90	0.122
03-04		20.5±5.29	2.51±0.81	0.122
03-16		21.5±4.71	2.80±0.89	0.130

2.4 鼠尾藻秋冬季栽培生长图



图1 1年苗(日期:2012-11-20)

Fig. 1 One-year old algae (Date: 2010-11-20)



图2 两年苗(日期:2010-11-20)

Fig. 2 Two-year old algae (Date: 2010-11-20)



图3 鼠尾藻气囊(日期:2010-11-20)

Fig. 3 Air sac (Date: 2010-11-20)



图4 越冬(日期:2011-01-11)

Fig. 4 Overwintering (Date: 2011-01-11)

3 讨论

1)不同水层对生长的影响:鼠尾藻最佳池塘秋冬季栽培水层为40~60 cm,在该水层下,藻体长度最大,湿重最重,其次是80~100 cm;0~20 cm水层生长最慢;试验开始至11月中旬,池塘水温大于10℃,此时期鼠尾藻生长良好,随着水温的逐渐降低,鼠尾藻出现腐烂脱落现象,至翌年2月上旬水温逐渐回升,又开始逐渐生长,这表明鼠尾藻的生长受池塘水温和光强变影响较大。李美真等(2009)发现鼠尾藻最适的生长水深为-40 cm处,水表层生长鼠尾藻由于受强光照射,藻体易受损伤;而水体过深,光强减弱,藻体生长缓慢。

2)鼠尾藻的生长适温范围为10~20℃,其中12~18℃时生长速度较快,本研究观察的结果与他人的结果类似(原永党等 2006)。

3)刘静雯等(2001)研究细基江蓠繁枝变型、孔石莼和蜈蚣藻3种海藻的理论零生长率出现的低温值分别为9.01、9.98和11.70℃,而本研究鼠尾藻的理论零生长率低温值为6℃。

4)鼠尾藻的生长、生物量等有明显的季节性变化,生物量的消长与平均藻体长度消长的季节性变化趋势一致(何平等 2011;Largo *et al.* 1992)。本研究发现,秋冬季栽培的鼠尾藻10月上旬~11月中旬(水温10

~21℃)是鼠尾藻快速生长期,此时期藻体长度和生物量均迅速增加;11月中旬以后,由于水温逐渐降低,藻体出现腐烂脱落现象,此时藻体长度和生物量均有缩减,至翌年2月上旬水温逐渐回升,鼠尾藻藻体长度和生物量又有增加。孙修涛等(2006)研究发现鼠尾藻产卵后2~3日即可看见处于高潮位的鼠尾藻成熟枝条上面的侧枝和生殖托、气囊、叶片等附件腐烂、液化。本研究观察发现,进入11月中旬以后,鼠尾藻藻体开始腐烂脱落,其气囊和部分老化叶片首先腐烂,随后两年苗的次生分枝逐渐腐烂脱落。

影响鼠尾藻生殖托生长并成熟的季节性环境因子主要是光照和水温。孙修涛等(2007)报道青岛海区鼠尾藻繁殖季节在7月中下旬~9月中旬,盛期在8月;刘启顺等(2006)报道,威海地区鼠尾藻繁殖季节是7月初~9月中旬;Umezaki(1974)报道的日本舞鹤湾鼠尾藻于6月产生生殖托,7、8月为藻体生长的高峰期。而本研究中,鼠尾藻1年苗、两年苗在整个试验期间均未发现生殖托,作者认为这主要因为秋冬季池塘水温过低,不具备生长生殖托产生的条件。

试验对鼠尾藻1年苗、两年苗的秋冬季生长比较发现,鼠尾藻两年苗S值[S=单株藻体平均湿重(g)/藻体平均体长(cm)]大于1年苗。分析发现造成这种现象的原因是因为鼠尾藻两年苗经过1年的池塘栽培生长,其同一时间测量的藻体长度和生物量均大于1年苗藻体长度和生物量,而且试验期间比1年苗长势更加旺盛,其主枝直径比1年苗略大。翌年1月上旬池塘水体表层出现结冰现象,测量显示池塘水温降至0℃以下,鼠尾藻栽培水层的光照强度明显减弱,观察发现随着时间的推移,鼠尾藻藻体体色由褐色逐渐变成黑褐色,对比结冰前藻体略显瘦弱,分析出现这种现象的原因可能是由于水温降低、光照减弱造成。因此温度、光照等因子的变化对鼠尾藻生长会产生一定的影响,但如何影响的机制仍需进一步研究。

参 考 文 献

- 于广利,吕志华,王曙光,薛长湖,李兆杰,林洪. 2000. 海黍子提取物对不饱和脂质抗氧化作用. 青岛海洋大学学报, 30(1): 75-80
- 包杰,田相利,董双林,姜宏波. 2008. 温度、盐度和光照强度对鼠尾藻氮、磷吸收的影响. 中国水产科学, 15(2): 293-300
- 师然新,徐祖洪. 1997. 青岛沿海9种海藻的类脂及酚类抗菌活性的研究. 中国海洋药物, 64(4): 16-194
- 刘静雯,董双林,马牲. 2001. 温度和盐度对几种大型海藻生长率和NH₄-N吸收的影响. 海洋学报, 23(2): 109-116
- 孙修涛,王飞久,刘桂珍. 2006. 鼠尾藻新生枝条的室内培养及条件优化. 海洋水产研究, 27(5): 7-12
- 孙修涛,王飞久,张立敬,王希明,李峰,刘桂珍,刘勇. 2007. 鼠尾藻生殖托和气囊的形态结构观察. 海洋水产研究, 28(3): 125-131
- 刘启顺,姜洪涛,刘雨新,刘洪斌,童伟,张学超. 2006. 鼠尾藻人工育苗技术研究. 齐鲁渔业, 23(12): 5-9
- 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): 75-82
- 张尔贤,俞丽君,肖湘. 1995. 多糖类物质对O²⁻和OH⁻的清除作用. 中国生化药物杂志, 16(1): 9-11
- 吴海一,刘洪军,詹冬梅,李美真. 2010. 鼠尾藻研究与利用现状. 国土与自然资源研究, 1: 95-96
- 何平,许伟定,王丽梅. 2011. 鼠尾藻研究现状及发展趋势. 上海海洋大学学报, 20(3): 363-367
- 邹吉新,李源强,刘雨新,张庭卫,王义民. 2005. 鼠尾藻的生物学特性及筏式养殖技术研究. 齐鲁渔业, 22(3): 25-29
- 郑怡. 1994. 福建部分海藻凝集素的监测. 福建师范大学学报(自然科学版), 10(1): 101-105
- 原永党,张少华,孙爱凤,刘海燕. 2006. 鼠尾藻劈叉筏式养殖试验. 海洋湖沼通报, (2): 125-128
- 韩晓弟,李岚萍. 2005. 鼠尾藻特征特性与利用. 特种经济动植物, (1): 27
- 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): 57-59
- 魏玉西,于曙光. 2002. 两种褐藻乙醇提取物的抗氧化活性研究. 海洋科学, 26(9): 49-51
- Ahn O, Pertrell RJ, Harrison, PJ. 1998. Ammonium and nitrate uptake by *Laminaria saccharina* and *Nereocystis leutkeana* originating from a salmon sea cage farm. J Appl Phycol 10:333-340
- Clinton JD, David AT. 1988. Physiological responses of perennial bases of *Sargassum filipendula* from three sites on the west coast of Florida. Bulletin of Marine Science 42(2): 166-173
- Gent MPN. 1986. Carbohydrate level and growth of tomato plants. Plant Physiology 81(4): 1075-1079
- Kunii, H, Minamoto K. 2000. Temporal and spatial variation in the macrophyte distribution in coastal lagoon Lake Nakaumi and its neighboring waters. Journal of Marine Systems 26: 223-231
- Largo DB, Ohno M. 1992. Phenology of two species of brown seaweeds, *Sargassum myriocystum* J Agardh and *Sargassum siliquosum* J Agardh (Sargassaceae, Fucales) in Liloan, Cebu, in Central Philippines. Bulletin of Marine Science 12: 17-27
- Norton TA. 1977. Ecological experiments with *Sargassum muticum*. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 57: 33-43
- Philips N. 1995. Biogeography of *Sargassum* (Phaeophyta) in the Pacific basin. In: (I. A. Abbott, Eds) Taxonomy of Economic Seaweeds. California Sea Grant College System 5: 107-145
- Umezaki I. 1974. Ecological studies of *Sargassum thunbergii* (Mertens) O'Kuntze in Maizuru Bay, Japan Sea. Journal of Plant Research 87(4): 285-292