

烟台芦洋湾鼠尾藻种群生物量结构的季节变化

王志芳¹, 张全胜¹, 潘金华²

(1. 烟台大学 海洋学院, 山东 烟台 264005; 2. 广东海洋大学 水产学院, 广东 湛江 524025)

摘要: 2005年2月至2006年1月对烟台芦洋湾鼠尾藻 (*Sargassum thunbergii*) 的生长情况进行了生态学调查。实验设立固定样方观测了鼠尾藻种群结构的季节变化, 采用逐步回归分析法分析了生境因子对鼠尾藻生物量的影响。结果表明, (1) 鼠尾藻分布在低潮线以上 50~125 cm 的中潮带和低潮带之间; (2) 生物量消长和平均藻体长度消长的季节变化趋势一致, 呈双峰曲线 (7 月份和 12 月份达到峰值, 9 月份达到最低值); (3) 生活周期可以划分为 4 个时期: 休止期、生长期、繁殖期和衰退期, 6 月中旬到 7 月下旬为有性生殖期; (4) 营养生殖贯穿全年, 并呈现一定的季节变化; (5) 快速生长期 (5~7 月), 其大小级层次明显, 近似正态分布; (6) 水温为影响其生长的主要因素, 其次为浪冲击度和人为干扰, 干露对鼠尾藻的生长影响不显著。总之, 本调查区域的鼠尾藻种群呈现明显的季节变化, 并与其他海区种群差异显著, 生长地区的环境因素是导致差异的根本原因。[中国水产科学, 2008, 15 (6): 992~998]

关键词: 鼠尾藻; 大小级结构; 生物量; 逐步回归分析

中图分类号: S968.4

文献标识码: A

文章编号: 1005-8737-(2008)06-0992-07

鼠尾藻 (*Sargassum thunbergii*) 为西北太平洋常见的潮间带海藻, 在分类学上隶属于褐藻门 (Phaeophyta)、圆子纲 (Cyclosporeae)、墨角藻目 (Fucales)、马尾藻科 (Sargassaceae)、马尾藻属 (*Sargassum*)^[1]。藻体暗褐色, 最长可达 120 cm, 以扁平固着器固着生长在中潮带和低潮带岩石上。鼠尾藻叶片呈丝状、披针形或斜楔形, 边缘全缘有粗锯齿, 气囊很小, 成纺锤形或倒卵形, 有锋芒, 具长短不等的囊柄, 常与叶片混生成簇生长^[2]。鼠尾藻繁殖方式有两种: 有性繁殖和营养繁殖, 以固着器再生植株的营养繁殖为主, 有性繁殖为辅, 共同维系种群的繁茂^[1]。鼠尾藻除了在海洋生态系统中占有重要地位外, 在医药、保健、水产养殖及化工等方面具有许多重要的开发潜力, 由于营养丰富并且藻胶含量低, 鼠尾藻还被广泛用于水产动物饲料。尤其是近年来刺参 (*Apostichopus japonicus*) 养殖业的发展迅速, 鼠尾藻作为其不可替代的优质饵料, 被大量采收, 已造成很多地方该物种资源的枯竭。因此, 开展鼠尾藻生态学研究对自然资源的

保护以及人工开发利用具有重要的意义。

日本学者 Umezaki^[3] 和 Arai 等^[4] 分别对生长在日本室兰、舞鹤湾、千叶县的鼠尾藻生长和成熟季节进行了研究。曾呈奎等^[6] 报道了中国沿岸鼠尾藻的形态、生长繁殖季节及产地分布。郑怡等^[7] 报道了福建鼠尾藻生物量的周年变化及有性生殖期。王伟定^[8] 对生长在浙江的鼠尾藻形态、繁殖结构进行了初步研究。近几年, 由于鼠尾藻市场需求旺盛, 有关繁殖生物学、人工繁殖技术的研究日趋增多^[10-15]。但上述工作都集中在鼠尾藻的分类学、形态学、生活史以及人工繁殖技术开发方面, 有关鼠尾藻生态学的研究非常有限, 仅有 Chul-Hwan 等^[5] 报道了韩国西海岸鼠尾藻种群结构的动态变化。海藻种群通常以地域的不同而有较大的差异, 渤海湾作为鼠尾藻的重要产地之一未见有关研究报道。本研究重点分析了渤海湾鼠尾藻生长的季节变化以及影响生物量的生境因子, 以为鼠尾藻生态保护及人工开发利用提供科学依据。

收稿日期: 2008-04-11; 修订日期: 2008-07-10.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (30471318); 山东省科技攻关计划项目 (2006GG2205015).

作者简介: 王志芳 (1985-), 女, 硕士研究生, 从事海藻生态学研究. E-mail: wangzhifang517@tom.com

通讯作者: 张全胜. E-mail: zhangqs@ytu.edu.cn

1 材料与方法

1.1 材料

定点调查样地位于山东烟台芦洋湾,此处为岩礁质海岸。无淡水注入,水质良好,终年盐度30.7~31.5,温度-1~25℃。设立3个处于同一潮位水平的固定样方,于2005年2月至2006年1月间在样方内每月大潮期间取样,用30 cm×30 cm的方框随机选取小样方,小样方内鼠尾藻带固着器完全铲下,样品装进塑料袋带回实验室,去除杂藻及附属物,并用过滤海水清洗干净。每次取样同时测量海区表层水温。

1.2 测定方法

1.2.1 大小级 测量每个样方内的所有鼠尾藻分株长度,将长度分为8个长度级(cm):0~10、11~20、21~30、31~40、41~50、51~60、61~70、71~80,绘制大小级结构图。

1.2.2 鼠尾藻长度 在每次所取的3个样方内分别取30株最大长度的鼠尾藻并求其平均值,作为

每月鼠尾藻的平均长度。

1.2.3 生物量 长度测量后,将鼠尾藻固着器切除,参照 McCourt^[16]的方法,将藻体放入烘箱,在104℃条件下烘干48 h,在分析天平上称其恒重,计算鼠尾藻生物量: $W=(W_1+W_2+W_3)/3$,其中 W 为生物量干重,单位 g/m^2 ; W_1 、 W_2 、 W_3 分别为3个样方内的生物量干重,单位 g/m^2 。

1.2.4 影响生物量的生境因子分析 于2005年3月和4月两次大潮期间(快速生长期),根据浪冲击度、干露时间、人为干扰及附生杂藻等因素,选取18个环境异质性差别较大的样地,每样地随机取面积为30 cm×30 cm的两个样方,将鼠尾藻带固着器完全铲下。取回的样本用海水冲洗干净,剔除附生杂藻,吸水纸吸干藻体表面水渍后分别称其鲜重。取样同时,仔细计数各样方内肉眼可见的锈凹螺(*Chlorostoma rustica*),此为鼠尾藻主要的食植动物。为使定性因子参加计算,对各定性因子赋值(表1)。

表1 鼠尾藻生境中定性因子赋值
Tab. 1 Evaluation of qualitative factors in *S. thunbergii*'s growth environment

生境因子 Environmental factors	强度 Intensity	赋值 Evaluation	强度 Intensity	赋值 Evaluation	强度 Intensity	赋值 Evaluation
浪冲击度 Wave motion	较低 Low	1	较强 Moderate	2	强 Strong	3
人为干扰 Human interference	较低 Low	1	较强 Moderate	2	强 Strong	3

1.3 数据统计

采用 SPSS 统计分析软件,在 Linear Regression 模块中进行逐步回归分析(Step-wise regression analysis)。以生物量为因变量(y),以浪冲击度(x_1)、人为干扰(x_2)、干露时间(x_3)、水温(x_4)、杂藻(x_5)、锈凹螺(x_6)为自变量(x)。

2 结果与分析

2.1 鼠尾藻的分布

样地调查发现,鼠尾藻分布在低潮线以上50~125 cm的中潮带和低潮带之间。每月大潮潮期

间,高潮时鼠尾藻全部淹没,低潮时鼠尾藻全部干露。快速生长期间,集群分布;其余时间游击型分布。

2.2 大小级结构分析

图1可见,小长度级(0~10 cm)藻体几乎全年均有分布,表明鼠尾藻营养生殖贯穿全年,并呈现一定的季节变化。6~7月鼠尾藻有性生殖繁殖新藻体,加之营养生殖再生新藻体,致使7月份后小长度级藻体迅速增多。

5~7月之间,鼠尾藻分布层次明显,各个长度梯度几乎均有分布,长度大小级呈近似正态分布。

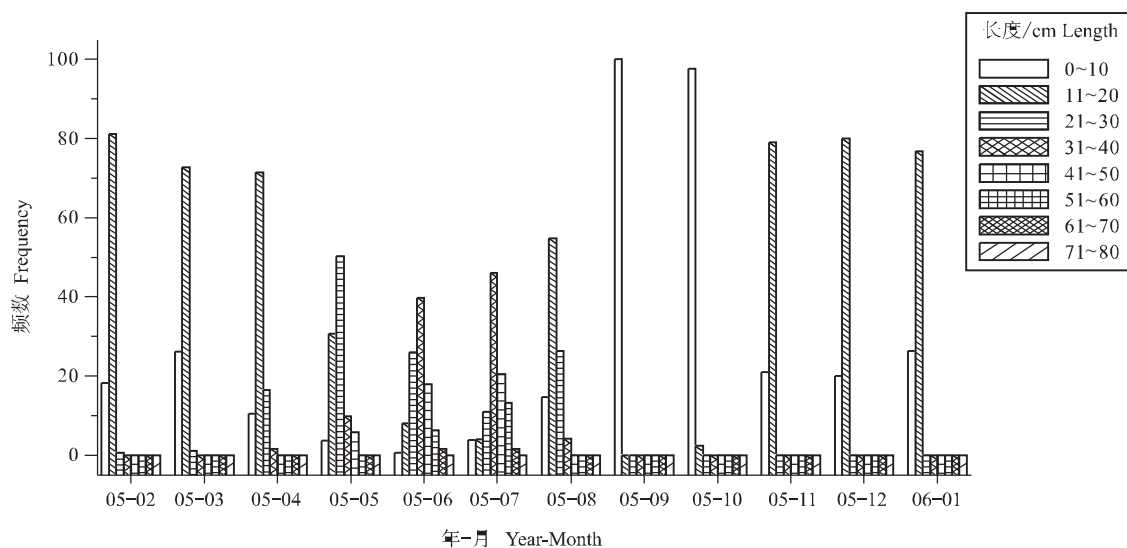


图1 鼠尾藻种群的大小级结构图(2005年2月-2006年1月)

Fig. 1 Size distribution of *S. thunbergii* from February, 2005 to January, 2006

2.3 生物量的季节变化

观测期内,鼠尾藻生物量的变化有着明显的季节性(图2)。1周年內其生物量达到2次高峰(7月份和12月份)、1次低峰(9月份),最高海水温

度来临之前达到生物量的峰值。7月之后,鼠尾藻主、侧枝腐烂脱落,生物量大幅度降低,于9月份达到全年最低值。两次高峰期生物量差别较大,生物量的季节动态表现为双峰型。

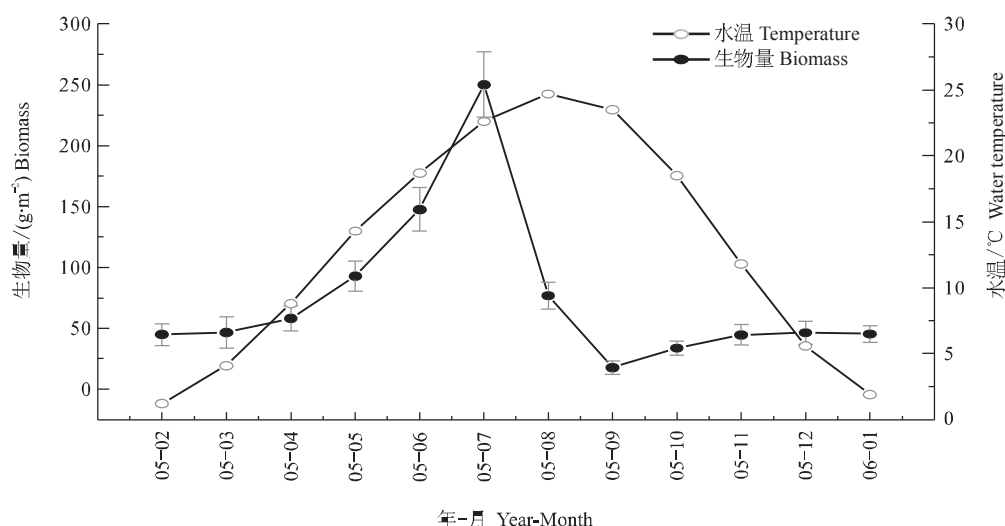


图2 海水温度和鼠尾藻生物量随时间的变化趋势(2005年2月-2006年1月)

Fig. 2 Water temperature and biomass of *S. thunbergii* from February, 2005 to January 2006.

2.4 影响生物量的生境因子分析

分析得到回归方程: $y=20.416x_4+2.150x_1-11.471x_2-0.477x_6-0.222x_5-63.375$ (表1),影响鼠尾藻

生长的主导因子分别为:水温(x_4)、浪冲击度(x_1)、人为干扰(x_2)、杂藻(x_5)、锈凹螺(x_6),前二者为正相关,后三者为负相关。该结果表明:快速生长期

内,高温、大浪利于鼠尾藻生物量增长,而人为干扰、附生杂藻及食植动物均显著阻碍了鼠尾藻生物量的增长,干露时间这一生境因子在逐步回归分析

过程中被剔除,意味着该因素对鼠尾藻生长的影响并不显著。

表 1 鼠尾藻生物量的逐步回归分析结果

Tab. 1 Results of stepwise multiple regression analysis for *S. thunbergii* biomass

($R=0.943$)

项 目 Item	回归系数 Coefficient	标准误差 SE	<i>P</i>
常量 Constant	-63.375	88.076	0.007
人为干扰 Disturbance	-11.471	5.423	0.008
温度 Temperature	20.416	10.017	0.006
浪冲击度 Wave motion	2.150	5.999	0.007
杂藻 Epiphyte	-0.222	0.273	0.003
锈凹螺 <i>Chlorostoma rustica</i>	-0.477	0.697	0.008

2.5 藻体长度的季节变化

藻体长度在整个观测期内亦有着明显的季节变化。图 3 可见,鼠尾藻长度 1 周年内出现 2 次峰值(7 月份和 12 月份),7 月份之后,鼠尾藻主、

侧枝腐烂脱落,藻体平均长度急剧下降,于 9 月份达到全年最低值,其季节动态亦表现为双峰型。鼠尾藻藻体长度消长与生物量消长的季节变化趋势一致。

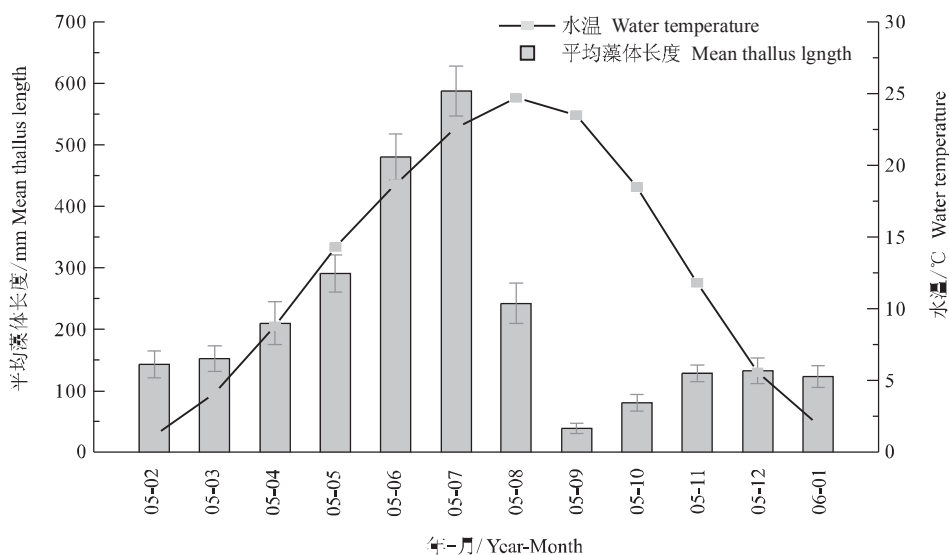


图 3 海水温度和鼠尾藻平均藻体长度随时间的变化趋势(2005 年 2 月-2006 年 1 月)

Fig. 3 Water temperature and mean thallus length of *S. thunbergii* from February, 2005 to January, 2006

3 讨论

鼠尾藻在进行有性繁殖时,藻体在繁殖季节产生生殖托,生殖托成熟后释放配子,受精卵发育形成幼植体后附着在岩石上成为新的藻体。本调查发现,生长在烟台芦洋湾的鼠尾藻,其生殖托开始出现

在 6 月中旬(水温 19 °C 左右),6 月底、7 月初(水温 20 °C 左右)为成熟高峰,7 月中旬(水温 22 °C 左右)生殖托开始脱落。而鼠尾藻在进行营养繁殖时,藻体依靠固着器再生新的藻体,营养繁殖贯穿全年。Koh 等^[5]指出,韩国西海岸的小长度级藻体全年都有发生,并强调小长度级藻体的高出现率暗示

着繁殖期过后的鼠尾藻处于衰退状态。本研究发现,有性繁殖期过后,大量出现的小长度级藻体主要由三方面产生:有性繁殖的新个体补充、通过固着器再生的新个体补充(营养繁殖)、大藻体衰退。

2005年2月至2006年1月1周年样地调查发现,鼠尾藻的生活周期可以划分为4个时期:3月底前为休止期,此时期海水温度偏低,鼠尾藻营养生殖再生新藻体数量有限,而且藻体生长缓慢,无论是藻体长度还是生物量都保持在较低水平;从4月初到6月中旬为生长期,此时期水温回升,鼠尾藻快速生长,藻体长度和生物量均在这一时期迅速增加;从6月中旬到7月下旬为有性生殖期,生殖托在这一时期出现,并逐渐成熟,进行有性生殖,藻体长度和生物量均在这一时期达到最高值;从7月下旬到9月份为衰退期,这一时期内,水温达到最高值,鼠尾藻主、侧枝腐烂脱落,藻体长度和生物量均在这一时期内达到全年最低。衰退期过后,鼠尾藻并未直接进入休止期,而是又经过一个生长期才进入次年的休止期。在1周年的生活周期中,鼠尾藻先后经过了2个生长期:春、夏生长期(快速生长期)和秋、冬生长期。

鼠尾藻繁殖季节因地域的差异呈现多样化。郑怡等^[8]报道的福建平潭岛鼠尾藻繁殖季节在4-7月,辽宁沿岸鼠尾藻生殖季节是7-10月;孙修涛等^[18]报道青岛海区鼠尾藻繁殖季节在7月中下旬到9月中旬,盛期在8月份;刘启顺等^[11]报道,威海地区鼠尾藻繁殖季节是7月初到9月中旬;本研究中,鼠尾藻于6月中旬进入繁殖期,仅持续到7月下旬。鼠尾藻繁殖季节的这种差异可能与纬度温度梯度有关,一般说来,低纬度地区植物比高纬度地区植物的繁殖时间要早^[1]。Umezaki^[3]报道的日本舞鹤湾鼠尾藻于6月份产生生殖托,7、8月份为藻体生长的高峰期,这与本研究的鼠尾藻的繁殖时间相近,但舞鹤湾7月和8月的水温分别达27℃和29℃,远远高于本研究中鼠尾藻的繁殖和腐烂温度,这可能是不同地理种长期适应当地环境条件的结果。

本研究发现,鼠尾藻生物量1周年内达到2次高峰期、1次低峰期,2次高峰期生物量差别很大。Wong等^[18]报道的生长在马来群岛的棒托马尾藻(*S. baccularia*)和宾德马尾藻(*S. binderi*)生物量在1周年内亦达到2次高峰期、1次低峰期,但2次高峰期生物量几乎相等,这可能与热带地区常年海水温度变化小有关。

本研究发现,鼠尾藻生物量在繁殖高峰期达到最大值,这与该时期生殖托的出现增加了生物量有关。Largo等^[19]观察生长在菲律宾的多囊马尾藻(*S. myriocystum*)和荚托马尾藻(*S. siliquosum*)时发现,它们的生物量随着藻体逐渐成熟而增加并于繁殖期达到最大值。郑怡等^[7]报道的生长在福建平潭岛的鼠尾藻也是在繁殖高峰期达到生物量最大值。

本研究中,生物量主导因子分析试验于3、4月份进行,在此期间,鼠尾藻的生长随水温的升高而加快,鼠尾藻的生长与水温正相关,但快速生长期过后,鼠尾藻主、侧枝腐烂脱落,生物量减少,因此水温与生长的相关性仅限于此阶段,全年情况有待于进一步研究。干露对鼠尾藻的生长影响不显著,这主要是因为此间鼠尾藻集群分布,退潮时,鼠尾藻虽然干露,但叶片之间互相遮盖,有效避免了藻体失水,这是潮间带藻类适应环境的一种生态机制^[20-21]。另外,研究过程中有一些需要注意的问题:首先,鼠尾藻分布不均匀,取样过程中容易产生较大误差;其次,生物量主导因子分析试验中,仅分析了水温、浪冲击度、人为干扰、干露时间、杂藻、锈凹螺几个因素,而鼠尾藻的生长、生殖与生境的关系极为密切,它必定还受其他一些因素的影响(营养盐等),各生境因子都有季节变化,不同季节影响鼠尾藻生长的主导因子也可能不同,这些都有待于进一步研究加以确定;再者,各生境因子之间可能存在相互依存关系,但在分析过程中,所有因子都作为独立成分,因此因子间存在的偏相关问题,也有待于进一步解决。

参考文献:

- [1] 曾呈奎,陆保仁. 中国海藻志 [M]. 北京: 科学出版社, 2000.
- [2] 邹吉新, 李源强, 刘雨新, 等. 鼠尾藻的生物学特性及筏式养殖技术研究 [J]. 齐鲁渔业, 2005, 22(3): 33-36.
- [3] Isamu U. Ecological studies of *Sargassum thunbergii* (Mertens) O' Kuntze in Maizuru Bay, Japan Sea [J]. J Plant Res, 1974, 87(4): 285-292.
- [4] Arai A, Arai S, Miura A. Growth and maturation of *Sargassum thunbergii* (Mertens ex Roth) O' Kuntze (Phaeophyta, Fucales) at Kominto, China Prefecture Jap [J]. J Phycol, 1985, 33: 160-166.
- [5] Koh C H, Kim Y, Kang S G. Size distribution, growth and production of *Sargassum thunbergii* in an intertidal zone of Padori, west coast of Korea [J]. Hydrobiologia, 1993, 260 261(1): 207 214.

- [6] 曾呈奎,张德瑞,张峻甫,等. 中国经济海藻志 [M]. 北京:科学出版社, 1962.
- [7] 郑怡,陈灼华. 鼠尾藻生长和生殖季节的研究 [J]. 福建师范大学学报, 1993, 9 (1): 81-85.
- [8] 王伟定. 浙江省马尾藻属和羊栖菜属的调查研究 [J]. 上海水产大学学报, 2003, 12 (3): 227-232.
- [9] 王飞久,孙修涛,李 锋,等. 鼠尾藻的有性繁殖过程和幼苗培育技术研究 [J]. 海洋水产研究, 2006, 27 (5): 1-6.
- [10] 张全胜,石 玉. 一种鼠尾藻苗种生产技术 [P]. 中国专利: 20051004618. 2005-09-01.
- [11] 刘启顺,姜洪涛,刘雨新,等. 鼠尾藻人工育苗技术研究 [J]. 齐鲁渔业, 2006, 23 (12): 5-9.
- [12] 潘金华,张全胜,许 博. 鼠尾藻有性繁殖和幼孢子体发育的形态学观察 [J]. 水产科学, 2007, 26 (11): 589-592.
- [13] 詹冬梅,李美真,丁 刚,等. 鼠尾藻有性繁育及人工育苗技术的初步研究 [J]. 海洋水产研究, 2006, 27 (6): 55-59.
- [14] 张泽宇,李晓丽,韩余香,等. 鼠尾藻的繁殖生物学及人工育苗的初步研究 [J]. 大连水产学院学报, 2007, 22 (4): 255-259.
- [15] 王增福,刘建国. 鼠尾藻 (*Sargassum thunbergii*) 有性生殖过程与育苗 [J]. 海洋与湖沼, 2007, 38 (5): 453-457.
- [16] McCourt R M. Reproductive biomass allocation in three *Sargassum* species [J]. *Oecologia*, 1985, 67 (1): 113-117.
- [17] 孙修涛,王飞久,张立敬,等. 鼠尾藻生殖托和气囊的形态结构观察 [J]. 海洋水产研究, 2007, 28 (3): 125-131.
- [18] Wong C L, Phang S M. Biomass production of two *Sargassum* species at Cape Rachado, Malaysia [J]. *Hydrobiologia*, 2004, 512: 79-88.
- [19] Largo D B, Ohno M. Phenology of two species of brown seaweeds, *Sargassum myriocystum* J Agardh and *Sargassum siliquosum* J Agardh (Sargassaceae, Fucales) in Liloan, Cebu, in Central Philippines [J]. *Bull Mar Sci*, 1992, 12: 17-27.
- [20] Scrosati R, DeWreede R E. Dynamics of the biomass-density relationship and frond biomass inequality for *Mazzaella cornucopiae* (Gigartinaceae, Rhodophyta): implications for the understanding of frond interactions [J]. *Phycologia*, 1997, 36 (6): 506-516.
- [21] Scrosati R, DeWreede R E. The impact of frond crowding on frond bleaching in the clonal intertidal alga *Mazzaella cornucopiae* (Rhodophyta, Gigartinaceae) from British Columbia, Canada [J]. *J Phycol*, 1998, 34: 228-232.

欢迎订阅 2009 年《农业质量标准》

主管 中华人民共和国农业部

主办 中国农业科学院 协办 农业部农产品质量安全中心

承办 中国农科院农业质量标准与检测技术研究所

主要栏目: 本刊特稿、本刊专访、专家点评、专题论坛、政策法规、农产品质量安全、农业标准化、农产品地理标志、无公害食品行动、标准制定与实施、质量认证与管理、质量监督与检验、检验检测体系建设、农业标准公告、研究与探讨、质检中心之窗、名企名品、市场信息与动态、海外博览、编读园地、广告信息等。

读者对象: 与农产品质量和农业质量标准有关的各级农业行政管理、科研教学、检验检测、技术推广、生产企业等部门的有关人员。

本刊为双月刊,逢双月 10 日出版。大 16 开本,彩色四封,56 页。全国各地邮局(所)均可订阅,也可直接到本刊编辑部办理订阅手续。邮发代号: 82-223,每册定价: 6.80 元,全年共 40.80 元。

通讯地址: 北京中关村南大街 12 号中国农科院质量标准所 邮政编码: 100081

联系电话 / 传真: (010) 82106316 E-mail: aqs@caas.net.cn

欢迎各界朋友赐教、赐稿、订阅和刊登广告。

Seasonal variation of population structure in *Sargassum thunbergii*

WANG Zhi-fang¹, ZHANG Quan-sheng¹, PAN Jin-hua²

(1. Ocean School, Yantai University, Yantai 264005, China; 2. Fisheries College, Guangdong Ocean University, Zhanjiang, 524088 China)

Abstract: *Sargassum thunbergii* is a permanent brown algae species forms conspicuous beds on rocky shores along the coast of China, Japan and Korea. These beds play important ecological roles in the coastal ecosystem due to their large biomass and high productivity. Because of potentials in alginic acid production and bioactive extraction, *S. thunbergii* is also of great economic importance. Recently, the aquaculture industry of *Stichopus japonicus* is rapidly developing in China. As its desirable and irreplaceable feed, demand for *S. thunbergii* raw material becomes increasing, which has resulted in the depletion of natural populations along the coast China. Based on an ecological demography conducted from January 2005 to February 2006 in Luyang Bay, Yantai, the seasonal variation of biomass and mean thallus length and the effects of environmental factors on growth of *S. thunbergii* were investigated. Three permanent quadrats at the same depth were set up, of which all thalli in a plot of 30 cm×30 cm was sampled once a month. In March and April of 2005, eighteen different plots were selected to investigate the effects of environmental factors including disturbance, temperature, wave motion, epiphytes and grazer (i.e. *Chlorostoma rustica*) on biomass, using step-wise regression analysis. The results showed that *S. thunbergii* distributed between the low-tidal zone and mid-tidal zone at 50~125 cm tidal level. Both biomass and mean thallus length of *S. thunbergii* exhibited a statistically significant temporal variation, with a similar unimodal trajectory. The biomass and mean thallus length reached a highest value in July and decreased to a lowest value in September. The growth pattern of *S. thunbergii* may be divided into four phases: inactivity period (before March), growth period (from early-April to mid-June), reproductive period (from mid-June to late-July) and senescence period (from late-July to September). Small plants were recorded throughout the year and showed a seasonal variation, indicating that the vegetative reproduction of *S. thunbergii* occurred year round. After July 2005, the number of smallest plants increased rapidly due to the degeneration of large plants, recruitment of new plants and vegetative reproduction. During the rapid-growth period (from May to July), the length distribution was not dominated by a few size classes, and frequencies were more or less evenly distributed in most size classes. Step-wise regression analysis demonstrated that water temperature, wave motion and disturbance significantly influenced the increase of biomass; however, the effect of exposure was not significant. That is considered to be the results that *S. thunbergii* clumped during sampling period (March and April), because fronds covered each other at low-tide and water loss was efficiently prevented. On balance, the population investigated in present study is significantly different from others growing on the coast of Japan and Korea, which results from the differences of environmental factors. [Journal of Fishery Sciences of China, 2008, 15 (6): 992-998]

Key words: *Sargassum thunbergii*; size class; biomass; step-wise regression analysis

Corresponding author: ZHANG Quan-sheng. E-mail: zhangqs@ytu.edu.cn