

流清河湾扇贝养殖区夏季附着生物特征研究

齐占会^{1,2} 王 珺⁵ 方建光^{1*} 李 斌³ 毛玉泽¹ 刘红梅⁴ 张继红¹ 蒋增杰¹

(¹农业部海洋渔业资源可持续利用重点开放实验室 中国水产科学研究院黄海水产研究所 青岛 266071)

(²中国水产科学研究院南海水产研究所, 广州 510300)

(³山东省海水养殖研究所, 烟台 264006)

(⁴中国科学院烟台海岸带研究所, 264003)

(⁵广东省微生物研究所, 广州 510070)

摘 要 2007 年 6~9 月, 利用悬挂不同网目的试网方法, 对夏季青岛流清河湾栉孔扇贝筏式养殖区附着生物的种类、数量及其垂直分布特征进行了研究。结果显示, 流清河湾附着生物群落的优势种在 6 月份为麦秆虫和钩虾, 7 月份以后贻贝成为优势种。附着生物湿重随挂网时间延长而增加, 8 月份增长最快, 特定增长率最高可达 8.77 %/d, 主要是由于优势种贻贝的快速生长。玻璃海鞘等海鞘类在流清河湾较少出现。附着生物的数量受网目和水深的影响, 总体上随水深的增加而下降, 较小网目上附着生物量较大。贻贝为群落优势种是流清河湾夏季附着生物数量较高的主要原因。

关键词 附着生物 季节演替 网目 深度 垂直分布

中图分类号 S917.4 **文献标识码** A **文章编号** 1000-7075(2011)04-0086-07

The seasonal succession of fouling organisms in Liuqing River estuary

QI Zhan-hui^{1,2} WANG Jun⁵ FANG Jian-guang^{1*} LI Bin³ MAO Yu-ze¹

LIU Hong-mei⁴ ZHANG Ji-hong¹ JIANG Zeng-jie¹

(¹Key Laboratory for Sustainable Utilization of Marine Fisheries Resources, Ministry of Agriculture, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071)

(²South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300)

(³Shandong Marine Fisheries Institute, Yantai 264006)

(⁴Yantai Institute of Coastal Zone Research, Chinese Academy of Sciences, 264003)

(⁵Guangdong Institute of Microbiology, Guangzhou 510070)

ABSTRACT The effects of net mesh size and water depth on the seasonal succession and vertical distribution of fouling organisms were investigated, from June to September, 2007, in a scallop *Chlamys farrier* raft culture area in Liuqing River estuary, Qingdao, China. Four nets with mesh size of 50.42, 44.40, 22.36, and 12.92 mm were suspended on the raft at five depth (1.3, 2.9, 4.5, 6.1, and 7.7 m), and experimental nets were sampled monthly. The dominant fouling species were Gammaridae and skeleton shrimp in June, and blue mussel *Mytilus gallolprovincialis* from July to September. The ascidians which were usually the dominant spe-

国家重点基础研究发展计划(2011CB409805)、贝类产业技术体系(CARS-48)、中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金项目(2007ZD07)和农业部海洋与河口渔业资源及生态重点开放实验室开放课题(开-10-09)共同资助

* 通讯作者。E-mail: fangjg@ysfri.ac.cn, Tel: (0532)85822957

收稿日期: 2010-11-16; 接受日期: 2010-12-27

作者简介: 齐占会(1980-), 男, 博士, 主要从事海洋生态学研究。E-mail: qizhanhui006@163.com, Tel: (020)84457660

cies of fouling communities were rare in the sampling area. The biomass of fouling organisms generally decreased with the increasing water depth. The specific growth rate (SGR) of the fouling biomass was the highest in August, which amounted to 8.77 %/d. The SGR was lowered in September, mainly due to the decreased growth rate of blue mussel. The higher fouling biomass in Liuqing River estuary during summer was mainly due to the blue mussel, the dominant species in the fouling community.

KEY WORDS Fouling organisms Seasonal succession Mesh size
Water depth Vertical distribution

附着生物又称污损生物,是附着在水下设施和生物体表面的动物、植物和微生物的总称(Yebra *et al.* 2004)。水产养殖设施如浮筏和网箱、扇贝养殖笼的网衣等为附着生物提供了大量理想的附着基。附着生物对水产养殖活动会产生很大影响,如阻塞扇贝养殖笼网孔、降低笼内外的水交换,进而降低笼内的溶解氧和饵料浓度,并阻碍氨氮等代谢废物的排出,导致扇贝的生长速度降低(Wallace *et al.* 1985; Lodeiros *et al.* 1996、2000; Taylor *et al.* 1997; Lodeiros *et al.* 2007)。附着生物的群落结构和演替特征具有很大的地理差异(Hanson *et al.* 1976; Wildish *et al.* 1988),并受到附着基理化特征,如网衣网目(Dubost *et al.* 1996; 关长涛等 2003)以及水深(Hanson *et al.* 1976; Claereboudt *et al.* 1994)等的影响。能否通过调节网衣网目和养殖深度减少扇贝笼上的生物附着量,需要在养殖海区对附着生物群落特征及其季节演替进行研究。

本实验以流清河湾扇贝养殖海域为研究对象,采用悬挂试网的方法,对网目和水深对附着生物群落种类、数量、季节变化特征进行了研究,旨在为减少或规避附着生物在养殖设施上的附着、降低附着生物对养殖的影响提供参考。

1 材料与方法

1.1 实验地点

本研究 2007 年 6~9 月在青岛流清河湾进行,该水域主要以贝类筏式养殖和鱼类网箱养殖为主。研究地点位于栉孔扇贝 *Chlamys farreri* 筏式养殖区(36°06'N, 120°36'E),水深约 10 m。

1.2 实验方法

采用悬挂试网的方法研究附着生物种类、数量和季节演替特征。用直径 2 cm 的 PVC 管,制成规格为 80 cm × 60 cm 的框架,将其分为 12 个规格为 20 cm × 20 cm 的小格。将网目和网线直径分别为 50.42、1.48 mm; 44.40、0.87 mm; 22.36、0.71 mm; 12.92、0.51 mm 的聚乙烯网片缝合到小格上,使各种网片随机排列。按网目从大到小依次编号为 1~4 号。将 5 个试网框架串连成一组,悬挂在扇贝养殖浮筏上,深度分别为 1.3、2.9、4.5、6.1、7.7 m。每种网目试网在每水层设 3 个重复。每月采集试网样品,取样时将相应的网片剪下,装在聚乙烯密封袋中,带回实验室分析。各深度的不同网目的试网均设 3 个重复。参考《海洋调查规范》(GB 12763.6-91),在实验海域悬挂试网。

1.3 样品和数据处理

实验室内首先称量试网湿重,然后用 70% 的乙醇固定,在 4 °C 下冷藏保存,进行分类鉴定和进一步的分析。

附着生物群落湿重变化用特定增长率(Specific Growth Rate, SGR)表示。

$$SGR(\%/d) = 100 \times [\ln(W_t) - \ln(W_0)] / t$$

式中, W_t 和 W_0 分别为单位面积试网上本月和上月附着生物群落的湿重(kg/m^2), t 为时间(d)。

2 结果

2.1 附着生物群落的种类变化

不同试网上附着的种类基本相同,小网目试网上的附着生物数量总体上高于较大网目试网。6月麦秆虫和钩虾是附着生物群落的优势种,贻贝数量较少。从7月开始,贻贝成为优势种,钩虾和麦秆虫的数量大大减少。贻贝在8、9月占据了整个试网,并出现“层叠附着”的现象,厚度达到了8~10 cm(表1)。

附着生物群落中藻类的种类和数量均较少,刚毛藻是藻类中的优势种,石莼、软丝藻和浒苔也有出现,但数量很少。7月以后贻贝成为绝对的优势种,几乎占据了全部的附着基,藻类急剧减少(表1)。

表1 流清河湾实验试网上夏季主要大型附着生物的种类

Table 1 Species of main macro-fouling organisms on experimental net in Liuqing River estuary

种类 Species	6月 June	7月 July	8月 August	9月 September
紫贻贝 <i>Mytilus gallolprovincialis</i>	+	+++	+++++	+++++
角突麦秆虫 <i>Caprella scaura</i>	++++	+	+	/
多棘麦秆虫 <i>Caprella acanthogaster</i>	++++	+	+	/
长鳃麦秆虫 <i>Caprella equilibra</i>	++++	+	+	/
刺麦秆虫 <i>Caprella scaura</i>	++++	+	+	/
板钩虾 <i>Stenthoe</i> sp.	+++++	+	+	+
叶钩虾 <i>Jassa</i> sp.	+++++	+	+	+
拟钩虾 <i>Gammaropsis</i> sp.	++++	+	+	+
角钩虾 <i>Ceradocus</i> sp.	++++	+	+	+
水媳 <i>Halocordyle disticha</i>	+	+	/	/
海绵 <i>Pachychalina variabilis</i>	++	+	+	/
玻璃海鞘 <i>Ciona intestinalis</i>	+	+	/	/
柄海鞘 <i>Styela clava</i>	+	/	/	/
华美盘管虫 <i>Hydroides elegans</i>	++	++	+	+
索沙蚕 <i>Lumbrineris japonica</i>	+	+	+	+
苔藓虫 <i>Membranipora</i> sp.	+	+	/	/
牡蛎 <i>Crassostrea gigas</i>	+	+	+	+
石莼 <i>Ulva linza</i>	+	+	/	/
孔石莼 <i>Ulva pertusa</i>	+	+	+	/
浒苔 <i>Enteromorpha</i> sp.	+	+	+	+
刚毛藻 <i>Cladophora</i> sp.	+	+	/	/
软丝藻 <i>Ulothrix flacca</i> (Dillw) Thur	+	+	+	/

注:“+”表示出现,“/”表示没有出现,“+”越多表示数量越大

Note: +; Present; /: Absence; The more “+”, the larger amount

随着深度的增加,试网上的附着生物的种类和数量均减少。水深超过6.1 m后,钩虾几乎没有出现,仅有少量的麦秆虫和贻贝。贻贝的个体规格随水层的加深而变小,如9月,1.3 m水深处贻贝的平均壳长为2.95 cm,而7.7 m水深处贻贝平均壳长为1.20 cm(表2)。

表 2 7 月流清河湾试网上贻贝的壳长和数量

Table 2 Shell length and amount of mussels on the experimental net in July in Liuqing River estuary

水深(m) Water depth	网目 Mesh size(mm)			
	50.42	44.4	22.36	12.92
1.3	1.50±0.09 /	1.15±0.11 /	1.20±0.04 /	1.25±0.12 /
	1.95±0.33 ^b	0.88±0.12	3.98±0.69	2.78±0.35
2.9	1.00±0.08 /	1.00±0.08 /	1.10±0.06 /	1.05±0.10 /
	2.04±0.42	2.78±0.36	2.62±0.19	3.16±0.46
4.5	0.80±0.05 /	0.90±0.07 /	0.80±0.03 /	1.10±0.09 /
	3.65±0.50	4.49±0.67	3.11±0.66	4.47±0.77
6.1	0.50±0.06 /	0.65±0.10 /	0.80±0.10 /	0.90±0.08 /
	2.41±0.32	3.82±0.66	5.80±1.06	7.82±1.20
7.7	0.40±0.05 /	0.35±0.04 /	0.65±0.07 /	0.60±0.07 /
	1.25±0.19	0.56±0.10	1.05±0.13	1.32±0.23

注:1. 壳长为随机取的 40 个贻贝的壳长平均值;2. 列中数据为平均壳长±S. E. (cm) /数量±S. E. (万个/m²)

1. The shell length was the mean of 40 individuals, which were randomly sampled from the experimental nets; 2. The data were shown as average shell length±S. E. (cm) or Amount±S. E. (×10⁴ ind/m²)

2.2 附着生物群落的数量

试网上附着生物量总体上随着水层加深而减小。不同网目试网上的附着生物量存在很大差异,总体上较小网目试网上附着生物量较大。7~9 月网目最小的试网(4 号)上附着生物数量最大。除 7 月外,1 号试网上的附着生物数量大于 2 号试网(图 1)。

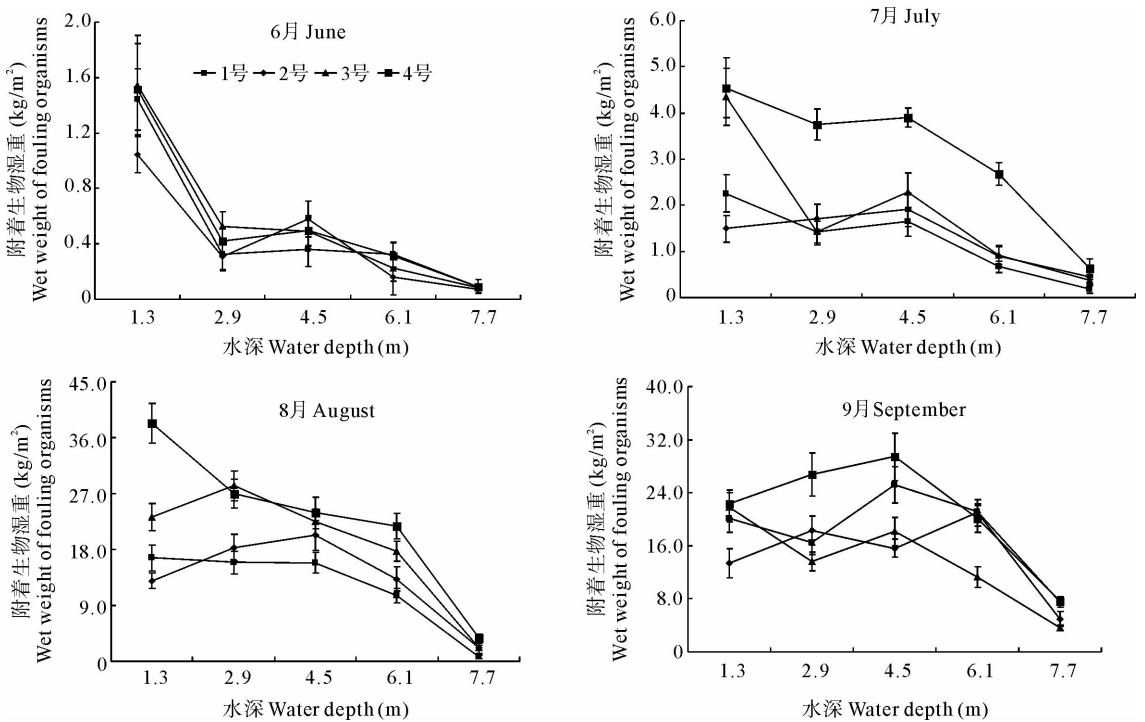


图 1 不同网目的试网上附着生物随水层深度在不同时间的变化

Fig. 1 Weight of fouling organisms on experimental nets with different mesh size and water depth from June to September in Liuqing River estuary

不同时间附着生物量最大的深度不同。6月,所有试网上附着生物数量均是在1.3 m水深最高;7月,2号试网上附着生物量在4.5 m水深处最大;8月,2、3号试网附着生物量分别在4.5、2.9 m水深处最大;9月,1、2、4号试网上附着生物分别在4.5、6.1、4.5 m水深处最高(图1)。

2.3 试网上附着生物重量变化

8月,附着生物数量增长最快,其次为7月和9月。7月,在2.9 m水深处附着生物重量的特定增长率(SGR)最大;8月,在6.11 m水深处SGR最大;而9月,则在水深7.7 m处SGR最大(表3)。在8、9月贻贝的湿重占附着生物总量的90%以上,附着生物量的变化主要是由贻贝生长而引起的。8月,贻贝的平均特定增长率为8.69%,9月为1.11%(表3)。

表3 试网上附着生物重量特定增长率

Table 3 Specific growth rate of fouling organisms during July~September

水深(m) Water depth	附着生物重量特定增长率(%/d)(Mean ± S. E.)		
	Specific growth rate of fouling organisms' in wet weight (%/d) (Mean±S. E.)		
	7月 July	8月 August	9月 September
1.3	1.83±0.48	6.64±0.37	-0.30±0.48
2.9	3.99±1.62	8.13±0.70	-0.53±0.56
4.5	3.95±0.46	7.28±0.42	0.15±0.53
6.1	3.77±0.75	8.77±0.62	0.47±0.78
7.7	3.80±0.72	5.36±0.32	3.37±1.30

3 讨论

3.1 附着生物群落特征和演替影响因子

生物群落演替是一个复杂的过程,需要较长时间才能达到稳定阶段,即演替的顶点。演替过程中很多因素均可影响群落组成(Connell 1978; Lubchenco 1986; Hubbell 1997; Sousa 2001)。演替的起始时间和持续时间均影响群落演替的发展特征(Greene *et al.* 2007)。最初附着的先锋种(群)会影响以后的群落结构特征(Beech *et al.* 2002)。每月采集试网样品再更换新的网片,虽可反映每个月附着生物群落的演替特征,但同时也“中断”了群落的演替过程,使群落演替又重新开始,可能会导致附着生物的数量结果偏低。试网上附着生物量与浸水时间有关(Dubost *et al.* 1996)。本研究中的试网均同时浸没在水中,同时开始演替过程,在演替的不同阶段采集样品,一定程度上能够反映附着生物群落在夏季的演替特征。

附着生物群落特征受附着基的影响(Dobretsov *et al.* 2001; Braithwaite *et al.* 2005)。孙大鹏等(2010)报道,流清河湾在7、9月腔肠动物和双壳类(主要为太平洋牡蛎)分别占有生物量最大比例,而其他月份均以藻类和端足类为主。这与本研究在优势种种类和数量的结果具有一定的差异,主要是由于他们采用的是环氧酚醛玻璃布层压板,而本研究采用的是生产当中所使用的不同网目的试网,主要目的在于为贝类养殖生产中选择最适合的网衣来减少生物附着,提供更有应用价值的资料数据和参考依据。扇贝养殖笼和网箱的网衣均为多股网线,有较大的表面积,并在网线之间存有空隙,是附着生物理想的附着基。Dubost等(1996)发现附着生物与可附着的网线面积及其与网线体积的比例有关,中等网目试网上单位可附着网线面积的附着生物量最大。本实验中2号试网(网目44.40 mm,直径0.87 mm)上附着生物量在6月和9月较小。1~4号试网的网目结构强度[网线直径/(网目/2)]分别为:0.058 707,0.039 189,0.063 506,0.078 947,2号试网的网目结构强度最小,附着生物数量与网目结构强度之间是否存在相关关系,还需要从材料学和生物学角度进行深入研

究,为选择最适合的网衣,减少生物附着提供参考依据。

水体深度是影响附着生物群落特征和数量的重要因素。有研究显示,附着生物在0.4~1 m的水层最多(Dubost *et al.* 1996; Moring *et al.* 1975)。但本实验中不同时间附着生物量最大的深度不同,主要是由于不同水层的温度、盐度、溶解氧和饵料浓度等随时间变化,适合于不同附着生物生长的水层深度也会发生改变。8、9月水深2.9~4.5 m的试网上附着生物量高于1.3 m处,可能由于夏季表层水温过高,而下层水温较为适合贻贝生长。

温度是影响温带海区附着生物群落种类组成等特征的最重要的因素(Chamberlain *et al.* 1977; Lodeiros *et al.* 2000)。玻璃海鞘和柄海鞘是中国北方很多温带海区夏季附着生物群落的优势种(方建光等 1996; 曹善茂等 1998; 蒋增杰等 2006)。但流清河湾试网上附着的海鞘却较少。除了温度、盐度、海流等自然条件不同,作者认为另一个重要的原因是由于贻贝在6、7月的大量附着几乎占据了试网上全部的“生态位”,没有了可供海鞘类附着的空间。另外,贻贝和海鞘均是滤食性动物,存在食物竞争(Lesser *et al.* 1992),这也可能是流清河湾海鞘没能成为附着生物群落优势种的原因。

3.2 附着生物群落优势种

优势种种类和数量的差异是影响附着生物群落生物量的重要原因。相似网目和水深条件下,流清河湾的附着生物数量显著高于桑沟湾。例如,8月,前者附着生物量为28.3 kg/m²(试网网目22.36 mm,水深2.9 m),而后者仅为2.2 kg/m²(试网网目约20 mm,水深2.5 m),主要是由于附着生物群落优势种不同,前者是紫贻贝,而后者为玻璃海鞘(齐占会等 2010)。

在青岛海域,贻贝在8~10月生长速度较快(张福绥等 1981)。8月附着生物量的特定增长率最高,达到8.77%/d,而9月只有3.37%/d,一个重要的原因就是8月附着的贻贝虽然密度很大,但是个体较小,仍有较大的生长空间;到9月贻贝长大,可供生长的空间大大减少,密度导致的“自疏”作用开始对生长产生限制,使生长速度下降(Fréchette *et al.* 1992; Lauzon-Guay *et al.* 2005)。9月,4.5 m水深以下的试网上附着生物数量较大,也主要是由于较深水层的贻贝生长速度较慢,个体较小,试网上仍有生长空间。

本实验发现,试网在1.3~7.7 m的水深处均有贻贝的附着,贻贝的数量和个体大小随水层加深而减小。增加扇贝的养殖深度,可以减少贻贝的附着,但底层的饵料浓度较低,会导致生长速度降低;而且底层试网上贻贝的数量虽然低于上层,但密度也达到了0.56~1.32万个/m²,足以将扇贝养殖笼的网孔完全阻塞,所以单纯通过调节养殖水层,还难以有效减小贻贝的附着。可以根据贻贝幼体附着时间规律,采用在养殖笼外面加套“保护”网衣的方法,减少贻贝在养殖笼上的附着。在青岛自然海域,贻贝一般在3月和10月产卵(楼子康等 1982)。春季时可在养笼外面套上一层网目较养殖笼网衣更小的网衣,贻贝幼体附着在外面的网衣上,7月份贻贝幼体附着结束时,再将网笼外面的网衣褪去即可去除贻贝。

参 考 文 献

- 曹善茂,张丛尧,张国范,邹玉静. 1998. 海洋贝类养殖网笼污损生物类群的研究. 大连水产学院学报,13(4):16~22
- 方建光,匡世焕,孙惠玲,孙耀,周诗贻,宋云利,崔毅,赵俊,杨琴芳,李锋,Jon Grant, Craig Emersom,张爱君,王兴章,汤庭耀. 1996. 桑沟湾栉孔扇贝养殖容量的研究. 海洋水产研究,17(2):18~31
- 关长涛,林德芳,鲁伟,洪峰,黄文强,黄滨. 2003. 网箱网衣防污涂料的对比试验研究. 海洋水产研究,24(2):51~58
- 蒋增杰,方建光,门强,王巍. 2006. 桑沟湾贝类筏式养殖与环境相互作用研究. 南方水产,2(1):23~29
- 楼子康,刘祥生,何义朝,李淑英,张福绥,陈昭华,张秀峰,张乃石. 1982. 贻贝采卵试验报告. 水产学报,6(2):139~146
- 齐占会,方建光,张继红,毛玉泽,蒋增杰,刘红梅,李斌. 2010. 桑沟湾贝藻养殖区附着生物群落季节演替研究. 渔业科学进展,31(4):72~75
- 孙大鹏,邵明瑜,马玉彬,宋福来,胡景杰,张志峰. 2010. 扇贝养殖笼大型污损生物种类组成及分布的挂板研究. 中国海洋大学学报,40(9):84~90
- 张福绥,何义朝,李淑英,刘祥生,马江虎,陈昭华,张秀峰. 1981. 胶州湾贻贝的生长. 水产学报,5(2):133~146
- Beech, I. B., Mauricio, P., Coutinho, C., and Zinkevich, V. 2002. Abstracts of the 11th Congress on Marine Corrosion and Fouling, San Diego, CA, July, 21~26

- Braithwaite, R. A., and McEvoy, L. A. 2005. Marine biofouling on fish farms and its remediation. *Adv. Mar. Biol.* 47: 215~252
- Chamberlain, G., and Strawn, K. 1977. Submerged cage culture of fish in supersaturated thermal effluent. *Proc. Ann. World Maricult. Soc.* 8: 625~645
- Claereboudt, M. R., Bureau, D., Côté, J., and Himmelman, J. H. 1994. Fouling development and its effect on the growth of juvenile giant scallops *Placopecten magellanicus* in suspended culture. *Aquaculture*, 121: 327~342
- Connell, J. H. 1978. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science*, 199 (4 335): 1 302~1 310
- Dobretsov, S., and Wahl, M. 2001. Recruitment preferences of blue mussel spat (*Mytilus edulis*) for different substrata and microhabitats in the White Sea (Russia). *Hydrobiologia*, 445: 27~35
- Dubost, N., Masson, G., and Moreteau, J. C. 1996. Temperate freshwater fouling on floating net cages: method of evaluation, model and composition. *Aquaculture*, 143: 303~318
- Fréchette, M., Aitken, A. E., and Pagé, L. 1992. Interdependence of food and space limitation of a benthic suspension feeder: consequences for self-thinning relationships. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 83: 55~62
- Greene, J. K., and Grizzle, R. E. 2007. Successional development of fouling communities on open ocean aquaculture fish cages in the western Gulf of Maine, USA. *Aquaculture*, 262: 289~301
- Hanson, C. H., and Bell, J. 1976. Subtidal and intertidal marine fouling on artificial substrata in northern Puget Sound, Washington. *Fish. Bull.* 74: 377~385
- Hubbell, S. P. 1997. A unified theory of biogeography and relative species abundance and its application to tropical rain forests and coral reefs. *Coral Reefs*, 16: 9~21
- Lauzon-Guay, J. S., Dionne, M., Barbeau, M. A., and Hamilton, D. J. 2005. Effects of seed size and density on growth, tissue-to-shell ratio and survival of cultivated mussels (*Mytilus edulis*) in Prince Edward Island, Canada. *Aquaculture*, 250: 652~665
- Lesser, M. P., Shumway, S. E., Cucci, T., and Smith, J. 1992. Impact of fouling organisms on mussel rope culture: interspecific competition for food among suspension-feeding invertebrates. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 165: 91~102
- Lodeiros, C., and Himmelman, J. H. 2000. Identification of environmental factors affecting growth and survival of the tropical scallop *Euvola (Pecten) ziczac* in suspended culture in the Golfo de Cariaco, Venezuela. *Aquaculture*, 182: 91~114
- Lodeiros, C., Galindo, L., Buitrago, E., and Himmelman, J. H. 2007. Effects of mass and position of artificial fouling added to the upper valve of the mangrove oyster *Crassostrea rhizophorae* on its growth and survival. *Aquaculture*, 262: 168~171
- Lodeiros, C. J. M., and Himmelman, J. H. 1996. Influence of fouling on the growth and survival of the tropical scallop, *Euvola (Pecten) ziczac* (L. 1758) in suspended culture. *Aquaculture Res.* 27: 749~756
- Lubchenco, J. 1986. Relative importance of competition and predation: early colonization by seaweeds in New England. In: Diamond, J., Case, T. J. (Eds.), *Community Ecology*. Harper and Row, 537~555
- Moring, J. R., and Moring, K. A. 1975. Succession of net biofouling material and its role in the diet of pen-cultured chinook salmon. *Prog. Fish-Cult.* 37 (1): 27~30
- Sousa, W. P. 2001. Natural disturbance and the dynamics of marine benthic communities. In: Bertness, M. D., Gaines, S. D., Hay, M. D. (Eds.), *Marine Community Ecology*. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts, 85~190
- Taylor, J. J., Southgate, P. C., and Rose, R. A. 1997. Fouling animals and their effect on the growth of silver-lip oysters, *Pinctada maxima* (Jame-son) in suspended culture. *Aquaculture*, 153: 31~40
- Wallace, J. C., and Reinsnes, T. G. 1985. The significance of various environmental parameters for growth of the Iceland scallop, *Chlamys islandica* (Pectinidae) in hanging culture. *Aquaculture*, 44: 229~242
- Wildish, D. J., and Kristmanson, D. D. 1998. Growth response of giant scallops to periodicity of flow. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 42: 163~169
- Yeber, D. M., Kill, S., and Dam-Johansen, K. 2004. Antifouling technology past, present and future steps towards efficient and environmentally friendly antifouling coatings. *Prog. Org. Coat.* 50: 75~104