

桑沟湾贝藻养殖区附着生物群落季节演替研究

齐占会^{1,2} 方建光^{2*} 张继红² 毛玉泽² 蒋增杰² 刘红梅³ 李斌²

(¹中国水产科学研究院南海水产研究所,广州 510300)

(²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)

(³中国科学院烟台海岸带可持续发展研究所,264003)

摘要 从2007年5月~2008年4月,采用悬挂试网和直接从海区采集栉孔扇贝养殖笼样品两种方法,对桑沟湾贝藻养殖区的附着生物群落结构和季节演替规律进行了研究。结果显示,桑沟湾附着生物群落结构复杂,本实验鉴定的大型附着生物23种,玻璃海鞘、柄海鞘和紫贻贝是群落中的优势种。附着生物的生物量呈现明显的季节变化特征,试网上附着生物湿重与温度变化相关,生物量为0.003~1.21 kg/m²,其中2月和8月分别具有最小和最大值。栉孔扇贝养殖笼的附着生物生物量9月为1.94 kg/笼,之后随温度下降而减少,10月为0.99 kg/笼,之后又有所上升,11月份为1.03 kg/笼。生物量变化主要是由于优势种的演替引起的,随温度下降海鞘类逐渐消退,贻贝等成为优势种。

关键词 附着生物 污损生物 季节演替 桑沟湾

中图分类号 P735 **文献标识码** A **文章编号** 1000-7075(2010)04-0072-06

Seasonal succession of fouling communities in the poly-culture area of scallop *Chlamys farreri* and kelp *Laminaria japonica* in Sanggou Bay

QI Zhan-hui^{1,2} FANG Jian-guang^{2*} ZHANG Ji-hong²
MAO Yu-ze² JIANG Zeng-jie² LIU Hong-mei³ LI Bin²

(¹South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300)

(²Key Laboratory for Sustainable Utilization of Marine Fishery Resources,

Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071)

(³Yantai Institute of Coastal Zone Research for Sustainable Development, Chinese Academy of Sciences, 264003)

ABSTRACT Composition and seasonal succession of fouling organism communities from May 2007 to April 2008 was studied in a poly-culture area of scallop *Chlamys farreri* and kelp *Laminaria japonica* in Sanggou Bay. Experimental panels were used to investigate the seasonal variation of fouling organisms. Scallop cultivation nets were also sampled from the study site. The results showed that the fouling community was a complex assemblage composed of several taxonomic groups. Among the identified twenty-three macro-fouling species, the dominant species were the ascidians *Ciona intestinalis*, *Styela clava* and mussel *Mytilus galloprovincialis*.

973 计划课题 (2006CB400608)、863 计划课题 (2006AA100304)、国家自然科学基金 (40676093)、贝类行业专项 (xyhyzx07-047-贝类) 和中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金项目 (2009TS27) 共同资助

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

收稿日期: 2009-09-08; 接受日期: 2009-12-01

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

The succession of fouling organisms displayed a clear seasonal pattern. Biomass of fouling organisms on monthly panels was positively correlated with the temperature, ranging from 0.003 ~1.21 kg/m², with the minimum and maximum values in February and August, respectively. Fouling organisms on seasonal panels were at the highest in summer and the lowest in winter, with 2.20 and 0.65 g/m² wet weight, respectively. From September to November, fouling organisms on lantern nets dropped precipitously in October, followed by a slight increase in November. The variation was mainly caused by the succession of the dominant species.

KEY WORDS Fouling organisms Biofouling Seasonal succession Sanggou Bay

附着生物也称污损生物,是附生在海洋设施和海洋生物体表面的生物,包括动物、植物和微生物等。群落演替是指一个群落被另一个群落所替代的过程。群落演替是一个复杂的生物学和生态学过程,影响群落生物种类组成和数量变化的机制很多(Hubbell 1997)。对附着生物群落演替的研究多集中在港口、码头的系统生态调查方面(黄宗国等 1992;王建军等 1996;郑成兴等 1996;曾地刚等 1999),而对水产养殖设施上附着生物的研究相对较少。大规模的贝藻养殖活动为附着生物提供了大量的附着基。附着生物的群落结构复杂,对水产养殖活动产生多方面的影响(Lodeiros *et al.* 1996、2000; Taylor *et al.* 1997; Uribe *et al.* 2001; Lodeiros *et al.* 2007)。

附着生物群落包含的种类多、数量大,是生态系统中的重要组分,其生态功能不容忽视。研究附着生物对贝类养殖以及海湾生态系统的影响,必须首先研究附着生物群落的种类组成、数量和季节演替特征。有研究显示,附着生物群落的结构和演替在不同的地域存在很大差异,需要针对不同的海湾进行分别的研究(Hanson *et al.* 1976; Wildish *et al.* 1988)。本实验通过采用悬挂试网和直接采集扇贝养殖笼样品两种方法,对桑沟湾贝藻养殖区的附着生物群落结构组成和季节演替规律进行了研究。旨在阐明桑沟湾附着生物群落的种类、数量和季节变化规律,为进一步深入研究附着生物的生态功能和其对养殖生物及海湾生态系统的影响提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 实验地点

实验从2007年5月到2008年5月,在桑沟湾寻山贝藻养殖区进行。桑沟湾位于山东半岛最东端,是北方重要的贝藻养殖基地,面积约20万亩(140 km²)。桑沟湾主要的养殖对象有栉孔扇贝 *Chlamys farreri* 和长牡蛎 *Crassostrea gigas* 以及海带 *Laminaria japonica*。本实验在桑沟湾寻山公司的栉孔扇贝和海带综合养殖区进行。

1.2 实验方法

1.2.1 附着生物演替周年调查

采用生产当中扇贝养殖笼的聚乙烯网衣作为实验试网(网目约2 cm),研究附着生物周年的演替特征。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的小框架。制作规格相同的小框架,将实验试网缝在这些小框架上。每次取样时取下小框架,将上面的网片剪下,再换上缝有新网片的小框架,将其固定在大框架上,作为下个月(季度)的试网。

参照《海洋调查规范》(GB 12763.6-91),在实验海域悬挂试网。2007年5月至2008年4月将实验挂网悬挂在实验海域贝类养殖的浮筏上,悬挂深度为2.5 m(与扇贝养殖深度相同)。试网分为月试网和季度试网两种。月试网在每月月初采集上月样品,季度试网在每季度初采集上季度样品,采集后更新挂网。每种试网均包含4个重复。

1.2.2 样品处理

试网采集后用数码相机拍照,网片分别装在塑料封口袋中带回实验室。称量湿重后用70%的乙醇固定样品,在4℃的冰箱保存,进行分类鉴定和进一步的分析。

1.3 栉孔扇贝养殖笼上附着生物演替规律

栉孔扇贝养殖笼样品从桑沟湾寻山公司贝藻养殖区现场采集。养殖笼为圆柱形(Lantern net),网盘直径30 cm,一般为8层,每层高约20 cm。养殖笼悬挂在海带养殖浮筏上,深约为2.5 m。分别于2007年9月8日,10月15日和11月15日在现场随机采集3个养殖笼样品,迅速带回海边的实验室内。首先将养殖笼内的扇贝全部取出,小心避免损坏养殖笼上的附着生物,将整个扇贝笼浸没在水槽中,轻轻抖动,去除网笼上和附着生物体上所有的沉积物;之后称量带有完整附着生物的养殖笼的重量,再将养殖笼上的附着生物全部清除干净,称量干净养殖笼的重量,二者之差即为养殖笼上附着生物的重量。本实验将附着生物的重量与养殖笼重量的比例定义为附着比率(Fouling percentage, %)

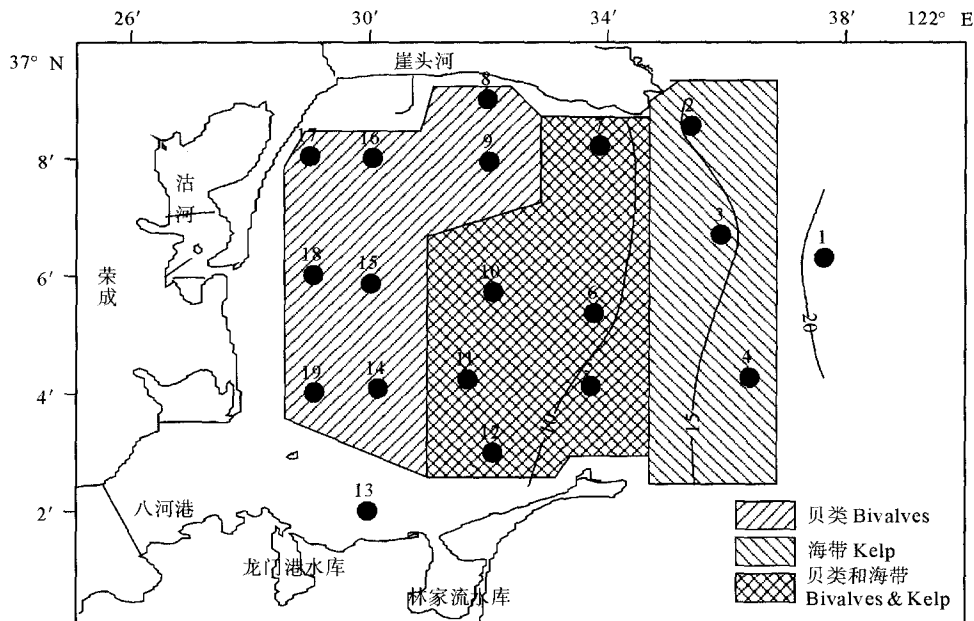


图1 桑沟湾研究地点

Fig. 1 Map of the studied area in Sanggou Bay

2 结果

2.1 附着生物的种类

实验结果显示,栉孔扇贝养殖笼上的附着生物群落由复杂的种类组成,包括藻类、海鞘类、苔藓虫类、环节动物、腔肠动物、软体动物、甲壳动物和海绵动物,鉴定了大型附着生物23种。海鞘类是夏季附着生物群落中的优势种,主要种类为玻璃海鞘和柄海鞘(表1)。随水温逐渐降低,海鞘迅速消退,紫贻贝成为附着生物群落中的优势种。

2.2 试网上附着生物生物量的季节演替

实验期间桑沟湾2月份水温最低,为 3.22°C ;8月份水温最高,为 23.15°C (图2)。如图2所示,月份试网上附着生物生物量变化范围为 $0.003\sim 1.21\text{ kg/m}^2$,其中8月份和2月份分别具有最高和最低值。季度挂网上的附着生物生物量在夏季最高,为 2.20 kg/m^2 ,秋季和春季次之,冬季最低,为 0.65 kg/m^2 (图3)。

表 1 栉孔扇贝养殖笼上 9~11 月的大型附着生物种类
Table 1 Species of macro-fouling organisms on lantern nets in Sanggou Bay

种类 Species	9 月 Sep.	10 月 Oct.	11 月 Nov.	种类 Species	9 月 Sep.	10 月 Oct.	11 月 Nov.
江篱 <i>Gracilaria lemaneiformis</i>	+	+	/	刺麦秆虫 <i>Caprella scaura</i>	++	/	/
马尾藻 <i>Sargassum</i> spp.	+	+	+	玻璃海鞘 <i>Ciona intestinalis</i>	++++	+++	+
海带 <i>Laminaria japonica</i>	+	+	+	柄海鞘 <i>Styela clava</i>	++	+	+
刺松藻 <i>Codium fragile</i> (Sur.) Hariot	+	+	/	日本拟背尾水虱 <i>Paranthura japonica</i> Richardson	+	+	/
软丝藻 <i>Ulothrix flacca</i> (Dillw) Thur	++	/	/	华美盘管虫 <i>Hydroides elegans</i>	+	+	+
石莼 <i>Ulva linza</i>	+	+	+	索沙蚕 <i>Lumbrineris japonica</i>	+	+	+
孔石莼 <i>Ulva pertusa</i> Kjellm	++	++	+	鲍枝螵 <i>Halocordyle disticha</i>	++	++	+
长石莼 <i>Ulva lactuca</i> L.	++	++	+	<i>Reniera implexa</i> v. <i>baeri</i> Wilson	++	/	/
紫贻贝 <i>Mytilus gallotprovincialis</i>	+++	+++	+++	海绵 <i>Pachychalina variabilis</i> Dendy	+	+	/
栉孔扇贝 <i>Chlamys farreri</i>	++	++	+	角偏顶蛤 <i>Modiolus metealfei</i> Hanley	+	+	+
长牡蛎 <i>Crassostrea gigas</i>	+	+	+	数枝虫 <i>Obelia</i> spp.	+	+	+
褶牡蛎 <i>Ostrea plicatula</i> Gmelin	+	+	+				

注：“+”表示出现，“/”表示没有出现。“+”越多表示数量越大

Note: “+” means presence; “/” means absence. The more “+”, the larger number

2.3 栉孔扇贝养殖笼上附着生物的数量和附着比率

扇贝养殖笼上附着生物的数量和附着比率呈现出明显的季节变化特征(图 4)。扇贝养殖笼上 9 月份附着生物的生物量为 1.94 kg/笼,随着温度的降低,10 月份附着生物生物量迅速降低,为 0.99 kg/笼,然而虽然温度继续降低,但 11 月份附着生物的生物量却有所升高,达到 1.03 kg/笼。附着比率与附着生物生物量的变化趋势相一致,9 月份最高,为 98.70%,10 份有所降低,但 11 月又有升高。

3 讨论

桑沟湾是中国北方重要的贝藻养殖基地(Guo *et al.* 1999),对桑沟湾的贝类生理和养殖容量等已有很多研究(方建光等 1996;Hawkins *et al.* 2001、2002),但对于附着生物的研究却相对较少,仅方建光等(1996)和蒋增杰等(2006)对桑沟湾浮筏上附着生物对栉孔扇贝养殖容量以及扇贝夏季大规模死亡的影响进行了探讨。

在温带海区温度是影响附着生物群落特征的最重要的因素(Lodeiros *et al.* 2000)。桑沟湾位于温带海区,温度在 8、9 月份达到最高。2007 年桑沟湾 7~11 月的平均水温分别为 18.5、23.7、24.5、17.7 和 11.5 °C,温度在 9 月份达到最高。本实验周期为 9~11 月,没有对养殖笼上附着生物全年的情况进行调查,但实验过程经历了温度从最高到逐渐下降的过程,在一定程度上揭示了附着生物群落随温度变化的季节演替特征。

附着生物群落特征受到演替起始时间和持续时间的影响(Greene *et al.* 2007)。本实验月份试网不是同时悬挂在海里,试网上附着生物群落演替会受到开始阶段先锋种(群)形成较慢的影响,可能会导致估计的附着生物量偏低。

附着生物群落在不同的地域之间存在很大差异,主要是由于环境的理化因子不同,导致附着生物的种类尤其是优势种不同(Hanson *et al.* 1976; Wildish *et al.* 1988)。例如大连海区 9 月份栉孔扇贝养殖笼上附着生物湿重为 3.33 kg/笼(曹善茂等 1998),高于桑沟湾的附着生物量,主要由于附着生物群落优势种不同,大连海区优势种主要为软体动物和苔藓虫类等。郑成兴等(1990)报道,大亚湾珍珠贝 *Pinctada martensii* 养殖笼上的附着生物可高达 6.80 kg/笼,主要是由于水温较高,附着生物的数量也较大。

大型附着生物的生物量大,群落的结构和功能主要由这些种类决定。本研究共鉴定了栉孔扇贝养殖笼上的 23 种大型附着生物,主要种类与 Ge 等(2007)报道的爱莲湾牙鲆 *Paralichthys olivaceus* 网箱上的大型附着生物种类相一致。主要是由于两个海湾地理位置相邻,扇贝养殖笼和网箱的网衣也比较相似。玻璃海鞘是桑沟湾附着生物群落的优势种,夏季海鞘的数量十分巨大,1 个扇贝笼上的海鞘可高达 400 个。海鞘是很多海区附着生物群落的优势种(Millar 1960; Lesser *et al.* 1992; Claereboudt *et al.* 1994; Hodson *et al.* 2000;

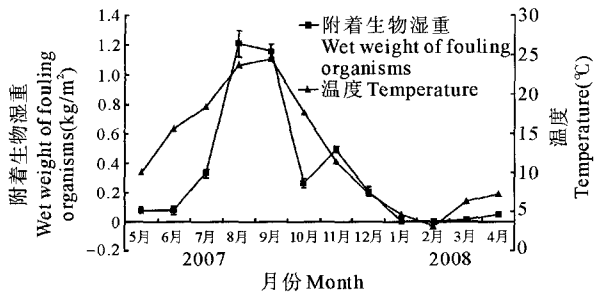


图2 桑沟湾贝藻养殖区附着生物生物量的周年月份变化
Fig. 2 Monthly biomass variation of fouling organisms in Sanggou Bay

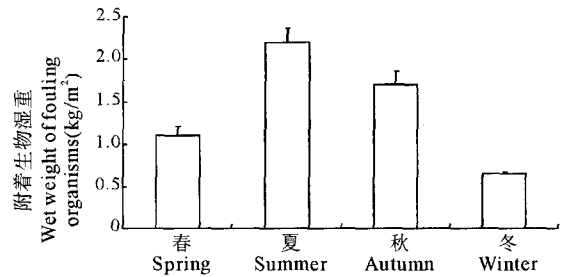


图3 桑沟湾贝藻养殖区附着生物生物量的季度变化
Fig. 3 Seasonal biomass variation of fouling organisms in Sanggou Bay

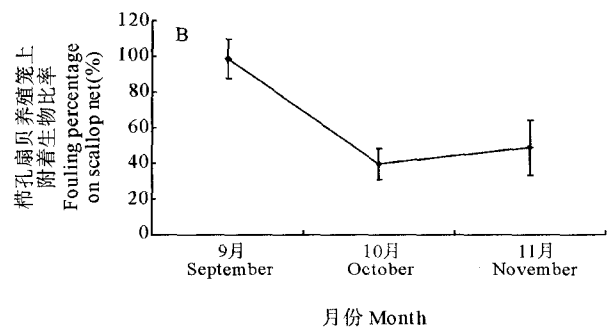
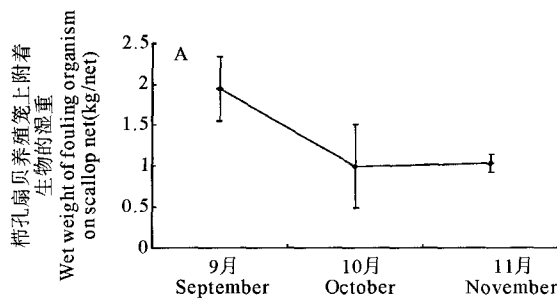


图4 A 栉孔扇贝养殖笼上附着生物的重量, B 附着比率

Fig. 4 A Wet weight of fouling organisms on lantern nets; B Fouling percentage on scallop net (%)

Romo *et al.* 2001)。海鞘不需要特殊的固着基,在各种材料上均可附着(Petersen *et al.* 1992; Connell 2000; Mazouni *et al.* 2001)。海鞘虽是固着性生物,但其受精卵会首先变成可自由游泳的幼体,之后经过变态才进入固着生活的阶段(Dybern 1965; Svane *et al.* 1993)。目前对海鞘还没有十分有效的防除办法,但可根据海鞘的生活史特征,比如在其受精卵即将附着变态的期间,调整养殖笼的深度,避开或减少其附着。

桑沟湾属温带地区,附着生物呈现与温度变化相一致的季节变化规律(图4)。9月份以后随温度降低,玻璃海鞘迅速消退是附着生物群落重量下降的主要原因;10月份以后贻贝成为优势种,随着贻贝的生长,附着生物群落生物量又有所升高。9月份养殖笼上的附着生物湿重几乎与养殖笼相当,导致浮筏和吊绳等的受力大大增加,可能会损坏浮筏系统,甚至发生沉筏。清理或者更换养殖笼虽可去除附着生物,但也会导致扇贝在夏季高温的空气中干露,影响扇贝的存活和生长。增加养殖深度也可减少附着生物的数量(Hanson *et al.* 1976; Claereboudt *et al.* 1994),但是在较深的水层中扇贝的食物也会减少,降低扇贝的生长速度(MacDonald *et al.* 1989; Côte *et al.* 1993; Claereboudt *et al.* 1994)。因此,作者建议在夏季采取增加浮漂的方法,增加浮力,保护筏架免受损害,而不改变养殖深度,保持其快速生长。当温度降低时,贻贝成为附着的优势种,与扇贝竞争食物,应予以清除或者倒笼。因为此时温度已经降低,在空气中干露对扇贝的损害也较小,建议在10月份以后通过清笼或倒笼来清除附着生物,减少贻贝等与扇贝的饵料竞争。

参 考 文 献

- 方建光,匡世焕,孙惠玲,孙耀,周诗贵,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: 18~31
- 王建军,黄宗国,李传燕,郑成兴,林娜,严頌凯. 1996. 厦门港网箱养殖场污损生物的研究. 海洋学报,18: 93~102
- 郑东强,黄宗国. 1990. 大亚湾海水养殖箱、笼上附着的污损生物. 水产学报,14: 15~24
- 郑成兴,黄宗国. 1996. 汕头港码头、浮标污损生物. 海洋学报, 18(1):115~124
- 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

- 黄宗国, 王建军, 林 盛, 李传燕, 郑成兴. 1992. 北部湾污损生物生态研究. 海洋学报, 14: 95~105
- 曾地刚, 蔡如星等. 1999. 东海污损生物群落研究 I. 种类组成和分布. 东海海洋, 17(1): 48~55
- 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
- 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, S. D. 2000. Floating pontoons create novel habitats for subtidal epibiota. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 247: 183~194
- Côté, J., Himmelman, J. H., Claereboudt, M. R., and Bonardelli, J. 1993. Influence of density and depth on the growth of juvenile giant scallops (*Placopecten magellanicus*, Gmelin 1791) in suspended culture in the Baie des Chaleurs. *Can. J. Fish. Aqua. Sci.* 5: 1 857~1 869
- Dybern, B. I. 1965. The life cycle of *Ciona intestinalis* (L.) f. *typica* in relation to the environmental temperature. *Oikos*, 16: 109~131
- Ge, C. Z., Fang, J. G., Guan, C. T., Wang, W., and Jiang, Z. J. 2007. Metabolism of marine net pen fouling organism community in summer. *Aqua. Res.* 38: 1 106~1 109
- 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
- Guo, X. M., Ford, S. E., and Zhang, F. S. 1999. Molluscan aquaculture in China. *J. Shellfish Res.* 18 (1): 19~31
- 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
- Hawkins, A. J. S., Duarte, P., Fang, J. G., Pascoe, P. L., Zhang, J. H., Zhang, X. L., and Zhu, M. Y. 2002. A functional model of responsive suspension-feeding and growth in bivalve shellfish configured and validated for the scallop *Chlamys farreri* during culture in China. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 281: 13~40
- Hawkins, A. J. S., Fang, J. G., Pascoe, P. L., Zhang, J. H., Zhang, X. L., and Zhu, M. Y. 2001. Modeling short-term responsive adjustments in particle clearance rate among bivalve suspension-feeders: separate unimodal effects of seston volume and composition in the scallop *Chlamys farreri*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 262: 61~73
- Hodson, S. L., Burke, C. M., and Bissett, A. P. 2000. Biofouling of fishcage netting: the efficacy of a silicone coating and the effect of netting color. *Aquaculture*, 184: 277~290
- 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(Suppl.): 9~21
- 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
- MacDonald, B. A., and Bourne, N. F. 1989. Growth of the purple-hinge rock scallop, *Crassadoma gigantea* Gray, 1825 under natural conditions and those associated with suspended culture. *J. Shellfish Res.* 7: 146~147
- Mazouni, N., Gaertner, J. C., Deslous, and Deslous-Paoli, J. M. 2001. Composition of biofouling communities on suspended oyster cultures: an in situ study of their interactions with the water column. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 214: 93~102
- Millar, R. H. 1960. Ascidiacea. University Press, Cambridge. 160
- Nunes, J. P., Ferreira, J. G., Gazeau, F., Lenceart-Silva, J., Zhang, X. L., Zhu, M. Y., and Fang, J. G. 2003. A model for sustainable management of shellfish polyculture in coastal bays. *Aquaculture*, 219: 257~277
- Petersen, J. K., and Riisgard, H. U. 1992. Filtration capacity of the ascidian *Ciona intestinalis* and its grazing impact in a shallow fjord. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 88: 9~17
- Romo, H., Alveal, K., and Werlinger, C. 2001. Growth of the commercial carrageenophyte *Sarcothalia crispata* (Rhodophyta, Gigartinales) on suspended culture in central Chile. *J. Appl. Phycol.* 13: 229~234
- Svane, I., and Havenhand, J. N. 1993. Spawning and dispersal in *Ciona intestinalis*. *Mar. Ecol.* 14: 53~66
- 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* (Jameson) in suspended culture. *Aquaculture*, 153: 31~40
- Uribe, E., Lodeiros, C., Felix-Pico, E., and Etchepare, I. 2001. Epibiontes en pectínidos de Iberoamérica. In: Maeda-Martinez, A. N. (Ed.), Los Moluscos Pectínidos de Iberoamérica; Cienciay Acuicultura. Limusa, México, 249~266
- Wildish, D. J., and Kristmanson, D. D. 1998. Growth response of giant scallops to periodicity of flow. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 42: 163~169