

刺参养殖池塘人工参礁生态效应的研究

杨秀兰¹ 张宇² 刘相全² 王育红² 宋向军² 王爱敏¹ 刘刚² 杨建敏²

(¹ 烟台大学海洋学院, 264005)

(² 山东省海洋水产研究所, 烟台 264006)

摘要 研究了采用蓝网、白纱、绿纱、编布、瓦片、石头制成的各种人工参礁对刺参池塘生态系统中底栖藻类种类组成及生物量、底层溶氧和营养盐等生态因子的影响。结果表明,颜色较深的蓝网与绿纱附着底栖藻类的生物量较大;水深小于150 cm时附着生物量较大;小型底栖藻类在编布、瓦片上的生物量较大;大型底栖硅藻在蓝网、绿纱、白纱等有孔网片上的生物量较大。 NO_3^- -N远远大于 NH_4^+ -N并与底栖藻类生物量的相关系数极小;而底层 NH_4^+ -N与底栖藻类生物量的相关系数较大,为0.7176; PO_4^{3-} -P与底栖藻类生物量的相关系数介于二者之间。人工参礁的材料、设置方式与水深是刺参池塘养殖生态系统的关键技术和条件,并具有显著的生态效应。

关键词 刺参池塘生态系 人工参礁 底栖藻类 相关系数 生态效应

中图分类号 S953.1;S955.9 **文献识别码** A **文章编号** 1000-7075(2010)06-0069-07

Study on the ecological effects of artificial reef on ecosystem of *Apostichopus japonicus* pond

YANG Xiu-lan¹ ZHANG Yu² LIU Xiang-quan² WANG Yu-hong²
SONG Xiang-jun² WANG Ai-min¹ LIU Gang² YANG Jian-min²

(¹ College of Ocean, Yantai University, 264005)

(² Marine Fisheries Research Institute of Shandong Province, Yantai 264006)

ABSTRACT Blue net, white gauze, green gauze, PE woven cloth, tiles, and stones were used as artificial reefs for *Apostichopus japonicus* cultivation. Various ecological factors were studied, including biomass of benthic algae, DO, and nutrients in the water, the locality and depth of artificial reefs for *A. japonicus* pond culture. The results were as follows: Quite large biomass of benthic algae were attached to dark-colored blue net and green gauze or when the water depth was less than 150 cm; the biomass of small benthic algae was quite large on PE woven cloth and tiles; while large benthic diatoms were more likely to accumulate on large mesh nets such as blue net, white gauze, and green gauze. Although the concentration of NO_3^- -N in the water was comparatively high, the correlation between NO_3^- -N concentration and the biomass of benthic algae was much smaller than that of NH_4^+ -N concentration and the algal biomass. The correlation between the concentration of NH_4^+ -N in bottom water and the biomass of benthic algae was comparatively high (0.7176), while the coefficient between PO_4^{3-} -P and the algal biomass was

of medium value. Materials, pattern of set up and water depth of artificial reefs were key techniques and conditions for *A. japonicus* pond culture and showed remarkable ecological effects on the ecosystem of *A. japonicus* culture pond.

KEY WORDS Ecosystem of *Apostichopus japonicus* pond Artificial reef
Benthic algae Coefficient Ecological effects

随着刺参 *Apostichopus japonicus* 在中国北方沿海人工池塘养殖规模的不断扩大, 养殖病害随之增加(张春云等 2004、2006; 王印庚等 2005、2009; 马悦欣等 2006; 王友涛等 2008), 池塘环境控制很不稳定, 养殖技术不够完善, 时有死亡现象发生, 归根结底是对刺参池塘养殖的生态系统认识不够, 它的生物群落、溶氧分布等基本生态结构与池塘养鱼、养虾的生态系统是不同的。本研究认为根据刺参生活条件, 建立一个池塘养殖刺参的生态系统和相应的理论很有必要, 人工参礁往往是该生态系统的关键条件和技术。本文研究了各种参礁主要底栖藻类的生物量, 以及底栖藻类与池塘理化因子的相互关系, 旨在进一步研究和探讨刺参池塘生态系统的结构与功能, 提高养殖理论与养殖技术, 为无公害刺参养殖的可持续发展提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 池塘条件

实验所选的池塘建在山东省东营市东部紧靠防潮大堤的盐碱地上, 其底质以粉沙和淤泥质粉沙为主。由于池塘离低潮线较远, 不能利用潮差自然纳水, 只能以蓄水池存储自然海水, 机械提水。水源盐度受黄河入海径流影响较大, 雨季(6、7、8月份)受降雨的影响, 沿岸海区盐度普遍降低; 10月份后该海区盐度值又有所升高, 一般在20~31之间。池塘东西长, 面积1.5 hm²左右。

1.2 参礁

1.2.1 参礁材料

蓝网礁为一般的扇贝网笼, 聚乙烯隔片直径35 cm, 隔片间距60 cm。白纱礁用白色纱窗网制作, 绿纱礁用绿色建筑防护网制作, 编布礁用白色聚乙烯编织布制作, 它们均用与扇贝网笼一样的35 cm的聚乙烯隔片, 做成80 cm间距的网笼。瓦片礁每3片瓦为一组捆扎成1个长三棱柱体。石头礁为20~40 cm左右长宽的石块。

1.2.2 参礁的设置

将上述参礁设置在同一刺参养殖池塘中, 网笼式的参礁平放在池塘底部, 用钢丝和木架固定住; 瓦片礁由3~4层三棱柱体瓦片排列成行设置在池塘中; 石头礁堆放在池塘中。

1.3 底栖藻类的测定

在同一池塘的4个角和中间设5个采样点, 即西北、东北、西南、东南、中部采样点。

4月9日放礁, 4月29日首次采集测定, 每隔30 d采集1次, 对各种实验参礁上附着的底栖藻类进行定性(金德祥等 1982)、定量测定。

蓝网礁、白纱礁、绿纱礁和编布礁采集时用剪刀分别剪取5个采样点各种参礁两片, 用1 000 ml自来水将参礁上的附着物洗刷下来, 然后装入塑料桶中, 加入福尔马林固定, 测量参礁面积。瓦片礁和石头礁采集时取出瓦片和石块先测量附着面积, 用同样的方法洗刷固定。将每种参礁的每个采样点的固定标本首先测量体积, 然后摇匀, 取0.1 ml在0.1 ml计数框中计数50个视野, 计数两片, 分类到属或种, 要求计数各种底栖藻类的细胞个数并测量细胞大小(章宗涉等 1991), 最后换算成底栖藻类的生物量(mg/cm²)。

用扇贝笼(蓝网礁)由水面垂直吊挂的方式进行水深对附着藻类影响的实验, 同步测定每月上、中、下3层的水深和附着藻类的生物量。

1.4 理化因子测定与分析

同步测定水温、盐度、水深、底层溶解氧、营养盐等理化因子。水化学因子用国标法(GB17378.4-2007)(国家海洋局 2008)的常规方法测定。底层溶解氧每天测定1次,求出每月的平均值;营养盐每月测定两次,上层与底层分开测定,求出每月的平均值。最后与底栖藻类生物量进行相关性分析。

1.5 养殖管理

实验在正常养殖池塘进行,早春保持水位0.8~1.4 m,增加透光率;5~9月保持水位1.5~2.0 m;秋季水位1.2~1.8 m,以减缓光照和气温影响,延长刺参的生长期;12月至翌年3月,保持最大水位2.2~3 m,尽可能保持水温。

盐度对刺参影响较大,直接关系到刺参养殖的成活率。蓄水池与养殖池内外盐度接近时多换水,盐度差较大时少换或不换水,避免水体盐度分层。养殖期间,养殖池水盐度变化在23~33之间。另外,生长季节视水温4~7 d投喂1次人工配合饲料。

1.6 养殖效果

2007年秋投放了本单位自行繁育的当年刺参苗种,放养密度12头/m²左右,平均日投饵量1%。2009年秋上市65%,平均毛产量412 g/m²,成活率40%,平均上市规格132 g。养殖期间没有出现病害。

2 结果

2.1 底栖藻类的群落结构

底栖藻类主要优势种群为饱满舟形藻 *Navicula satura* 与弯菱形藻 *Nitzschia sigma*。一年中出现了一些特殊种类,如小球藻 *Chlorella* sp. 与柄裸藻 *Colacium* sp. 在2008年4~6月出现,小球藻成为当时的优势种群,它个体小,繁殖快,在参礁上形成一层绿膜;螺旋藻 *Spirulina* sp. 在2008年9~12月出现,生物量较大。一年中的常见种类还有双眉藻 *Amphora* sp.、双壁藻 *Diploneas* sp.、盔状舟形藻 *Navicula corymbosa*,边缘菱形藻 *Nitzschia marginulata*、长菱形藻 *Nitzschia longwassima*、帕维舟形藻 *Navicula pavillardi*、斜纹藻 *Pleurosigma* sp.、日本桥弯藻 *Cymbella japonica*、针杆藻 *Synedra* sp.、楔形藻 *Licmophora* sp. 与刚毛藻 *Cladophora* sp. 等。

2.2 底栖藻类生物量与参礁的关系

底栖藻类在蓝网、白纱、绿纱、编布、瓦片、石头上的附着生物量见表1。颜色较深的蓝网与绿纱生物量较大;编布与瓦片自4月9日放入池塘,附着速度较快;石头在这几种参礁中附着藻类的能力最差。

2.3 附着藻类生物量与水深的关系

各季节不同水深附着藻类生物量见表2。由于各季节池塘水位不同,上、中、底每层水的水深也不同。但表2表明,120 cm水深附着藻类生物量没有减少;大于150 cm水深附着藻类生物量明显减少。

2.4 底栖藻类的群落结构与参礁的关系

底栖藻类优势种群在蓝网、绿纱、白纱、编布上的附着量及周年变化见图1~图4。帕维舟形藻、弯菱形藻较大型的底栖硅藻类在有孔的蓝网、绿纱、白纱网片上附着量大,在无孔的编布、瓦片上附着量较小,见图1~图5。

表1 底栖藻类在各参礁上的附着生物量(mg/cm²)Table 1 Biomass of benthic algae on different artificial reefs for *A. japonicus* cultivation(mg/cm²)

	4月 April	5月 May	6月 June	7月 July	8月 August	9月 September	10月 October	11月 November	平均 Average
篮网 Blue net	0.036 4	0.364 3	1.823 9	2.330 1	3.841 2	3.331 8	7.227 9	3.845 3	2.85
白纱 White gauze	0.071 0	0.615 3	1.408 5	2.234 8	1.569 6	4.101 3	4.123 7	2.121 2	2.03
绿纱 Green gauze	0.048 0	0.581 7	1.626 6	5.029 3	2.310 2	4.405 5	4.913 8	3.871 3	2.85
编布 PE woven cloth	0.117 9	1.196 9	1.495 1	2.254 6	0.935 3	2.904 4	3.467 0	2.605 8	1.87
瓦片 Tiles	0.203 3	0.465 1	3.913 3	2.419 8	1.034 7	1.211 3	1.192 9	1.739 1	1.52
石头 Stones	0.029 4	0.548 3	1.039 7	1.991 6	0.734 3	2.145 4	1.481 7	—	1.14
平均 Average	0.084 3	0.631 9	1.884 5	2.710 0	1.737 6	3.016 6	3.734 5	2.836 5	2.04

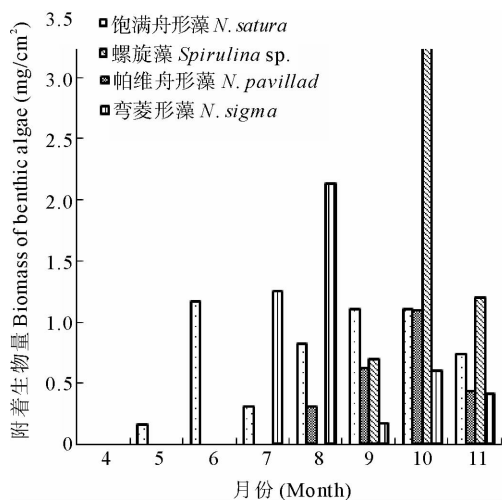


图1 蓝网上常见藻类平均生物量

Fig. 1 Average biomass of common algae attached to blue net in April~November, 2008

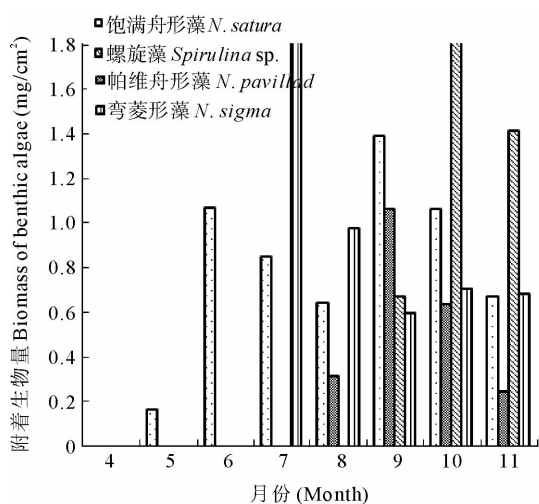


图2 绿纱上常见藻类平均生物量

Fig. 2 Average biomass of common algae attached to green gauze in April~November, 2008

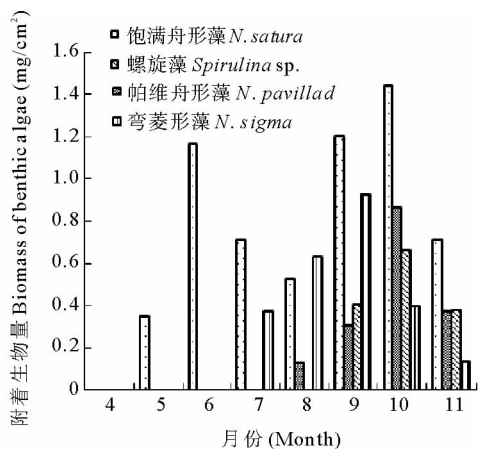


图3 白纱上常见藻类平均生物量

Fig. 3 Average biomass of common algae attached to white gauze in April~November, 2008

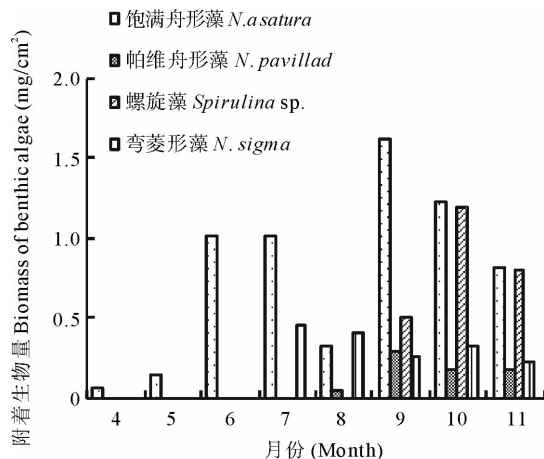


图4 编布上常见藻类平均生物量

Fig. 4 Average biomass of common algae attached to PE woven cloth in April~November, 2008

表 2 各季节不同水深附着藻类生物量(mg/cm²)

Table 2 Biomass of benthic algae at different water depth and seasons(mg/cm²)

水层 Water layer	5月 May		6月 June		7月 July		8月 August		9月 September		10月 October		11月 November	
	水深 (cm) Water depth	生物量 Biomass	水深 (cm) Water depth	生物量 Biomass	水深 (cm) Water depth	生物量 Biomass	水深 (cm) Water depth	生物量 Biomass	水深 (cm) Water depth	生物量 Biomass	水深 (cm) Water depth	生物量 Biomass	水深 (cm) Water depth	生物量 Biomass
上 Top	35	0.382	30	4.441	40	3.928	60	1.712	30	2.425	30	—	—	—
中 Middle	60	0.157	—	—	70	4.499	90	1.903	120	5.988	70	2.585	120	2.585
底 Bottom	120	0.364	150	1.583	150	1.792	120	3.488	180	2.186	120	1.506	220	1.506

2.5 营养盐与底栖藻类的相关关系

底层溶解氧、上层与底层的营养盐的测定结果见表 3。溶解氧在后半年高于前半年;硝酸氮远高于铵氮;亚硝酸氮与铵氮上层与底层之间没有明显差异;磷酸盐含量虽较低,仅少数月份测不出来(8月),说明能满足刺参长期硅藻的需要。

将底栖藻类与营养盐的月平均结果进行相关性分析,得其相关系数(表 4)。底层铵氮、上层磷酸盐与底栖藻类的相关系数较大,成较明显的正相关;硝酸氮、上层铵氮、底层磷酸盐与底栖藻类相关系数较小,其中上层的硝酸氮、铵氮与底栖藻类相关性很低。

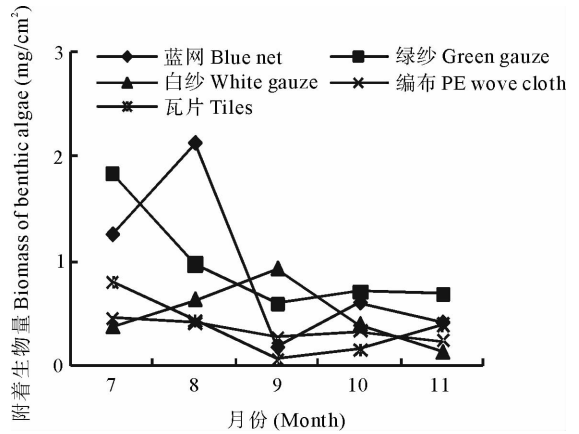


图 5 弯菱形藻平均生物量在各参礁上的年变化

Fig. 5 The change of average biomass of *Nitzschia sigma* on different artificial reefs in July~November, 2008

表 3 底栖藻类与水化学因子的月平均结果

Table 3 Monthly averages of benthic algae and water chemical factor

		4月 Apr.	5月 May	6月 Jun.	7月 Jul.	8月 Aug.	9月 Sep.	10月 Oct.	11月 Nov.
底栖藻类(mg/cm ²) Benthic algae		0.084 3	0.631 9	1.884 5	2.710 0	1.737 6	3.016 6	3.734 5	2.836 5
底层溶解氧(mg/L) DO in bottom water		6.936 7	6.858 1	6.933 3	7.229 0	7.158 0	7.746 7	8.029 0	7.310 0
NO ₃ -N(mg/L)	上层 Surface water	未测 n/a	1.197 8	0.313 7	0.793 5	1.204 8	1.022 2	0.765 1	2.136 1
	底层 Bottom water	未测 n/a	0.535 3	0.552 4	0.921 0	0.850 9	0.903 6	0.417 9	2.379 4
NO ₂ -N(mg/L)	上层 Top layer	未测 n/a	0.150 2	0.275 2	0.140 1	0.008 9	0.008 7	0.005 9	0.016 9
	底层 Bottom layer	未测 n/a	0.147 7	0.292 9	0.141 8	0.010 7	0.003 7	0.002 9	0.015 7
NH ₄ -N(mg/L)	上层 Top layer	未测 n/a	0.016 0	0.058 9	0.017 5	0.565 0	0.058 0	0.091 6	0.477 9
	底层 Bottom layer	未测 n/a	0.018 4	0.055 6	0.020 3	0.006 1	0.051 7	0.229 2	0.109 9
PO ₄ -P(mg/L)	上层 Top layer	未测 n/a	0.000 3	0.001 2	0.007 5	0	0.007 4	0.034 6	0.000 5
	底层 Bottom layer	未测 n/a	0.000 3	0.001 8	0.008 8	0	0.004 4	0.025 0	0.324 8

表 4 底栖硅藻与营养盐的相关系数

Table 4 Coefficients between benthic algae and water nutrient in the water

营养盐 Nutrient	相关系数 Coefficient R	营养盐 Nutrient	相关系数 Coefficient R	营养盐 Nutrient	相关系数 Coefficient R
NO ₃ ⁻ -N	上层 Surface water	0.004 6	NH ₄ ⁺ -N	上层 Top layer	-0.010 7
	底层 Bottom water	0.214 4		底层 Bottom water	0.717 6
PO ₄ ³⁻ -P	上层 Top layer	0.706 2	PO ₄ ³⁻ -P	上层 Top layer	0.706 2
	底层 Bottom water	0.259 8		底层 Bottom water	0.259 8

3 讨论

3.1 特殊藻类出现的原因及意义

小球藻、螺旋藻、柄裸藻等非硅藻类出现在池塘养殖刺参的底栖环境中,报道甚少(杨秀兰等 2006)。分析其原因,一是早春和晚秋为使池水升温降低了水位(最低降到 0.8 m),这在过去没有过(张涛等 2004);二是池水氮含量较高,使喜氮藻类滋生。小球藻的出现不仅可以提供饵料,而且可以改善水质(沈南南等 2008)。螺旋藻在秋季的出现,有利于刺参生长并提高了产品品质。通过刺参的食性分析与消化道观察,前肠大量的螺旋藻在后肠中几乎找不到。螺旋藻在本次试验中,增长快,生物量大,是一良好的具有保健作用的天然饵料。

3.2 小型底栖藻类的饵料意义

饱满舟形藻、双眉藻、双壁藻、小球藻等小型藻类,在各种参礁上附着速度快,在早春为刺参提供了良好的天然饵料,特别是为幼参提供了适口饵料。前三者在这个地区经常出现,而且几乎全年都有。

3.3 弯菱形藻等大型底栖藻类在夏季出现的意义

弯菱形藻、斜纹藻等较大型的底栖硅藻的出现,使底栖藻类生物量迅速增加,同时也可以迅速增加底栖环境中的溶氧,特别是夏季,及时补充了底泥微生物的耗氧,保证了刺参安全越夏。2008年下半年参池的溶解氧高于上半年,无疑与弯菱形藻的大量出现有关。另外,它们的迅速增长,不仅为刺参提供了良好的饵料生物,而且抑制了底栖丝状绿藻(如刚毛藻、浒苔等)的生长,改善了刺参的栖息环境。实践证明,丝状绿藻容易缠绕幼参,增加死亡率,一旦大量生长,很难控制,用大型的底栖硅藻的竞争优势抑制它们孳生,无论是生态意义还是饵料意义都非常重大。

3.4 绿纱礁是较理想的人工参礁

用建筑绿色防护网制成的绿纱礁,表现出了底栖藻类最大的附着量。由于它网孔小(网目仅 0.2 cm 左右),较柔软,因此适宜刺参爬行。虽然,蓝网的底栖藻类附着量与绿纱一样,但它网孔较大(网目 6 cm 左右),刺参爬行困难。为什么绿纱礁底栖藻类生物量明显大于网目同它大小差不多的白纱礁呢?可能与颜色有关,因为绿色能够吸收较多的长波光线,比如红光、橙光等。

3.5 透明度问题

透明度对底栖硅藻的影响很大,本实验只在 4 月测定了刺参池和蓄水池的透明度,前者在 110~130 cm 之间,后者在 50~95 cm 之间。为了促进底栖硅藻在早春尽早繁殖起来,早春坚持不换水,这在黄河口沿海蓄水养刺参尤为重要,否则蓄水池的浮游植物会被接种进来,抑制底栖硅藻的生长。早春降低水位至 120 cm 左右也是这一地区池塘养殖刺参的重要措施之一。

3.6 人工参礁的生态效应

通过各种人工参礁的试验,都能不同程度的使底栖藻类生物量增加;小型底栖藻类在编布、瓦片上的生物量较大;大型底栖硅藻在蓝网、绿纱、白纱等有孔网片上的生物量大。由于底栖藻类生物量的迅速增加,大大提高了底层溶解氧的含量(其相关系数达 0.883 3);降低了底层铵氮的含量(其相关系数是 0.717 6)。众所周知,底层溶解氧的增高、铵氮的降低,均能使底层非离子氨、硫化氢、亚硝酸氮等有害物质的含量降低(王伟良等 2000;曲克明等 2007),从而减少病害。特别是那些以粉沙和淤泥质为主,换水条件较差的黄河三角洲沿海池塘,选择、利用、设置好参礁,并及时调节水深,能创建一个有较高生态效应的刺参池塘生态系统,提高养殖产量。

本研究表明,编布礁与瓦片礁能够较快的附着藻类,又是刺参避光休眠的好材料;绿纱礁因附着生物量大,其饵料意义及调节水质的功能更大,若同时使用,其生态效应会更加明显。参礁的形状可进一步探讨,本次实验是笼式,从稳定性上讲,台式可能更好。用石头堆放的方式,无论从底栖藻类附着量、是否有利于清塘以及材料成本上都不再占优势。若用高强度聚乙烯绿色编织布(或绿色防护网)(石建高等 2009)在池塘整个水底铺垫,再在上面按行排上瓦片礁,能较经济地设置一个刺参栖息环境,进而建立一个良好的健康的刺参池塘养殖生态系统。本实验中,2007年秋投放的刺参小苗种(1~2 cm)通过2008年一年的养殖,已长成8~18 cm的幼参,成活率90%,养殖效果显著。

参 考 文 献

- 马悦欣,徐高蓉,张恩鹏,王品虹,常亚青. 2006. 仿刺参幼参急性口围肿胀症的细菌性病原. 水产学报,30(3):377~382
- 王友涛,王印庚,张国兵,陈霞. 2008. 几种消毒剂对养殖刺参“腐皮综合征”主要致病菌杀灭试验的研究. 海洋水产研究,29(6):90~94
- 王伟良,李德尚,董双林,刘剑昭. 2000. 养虾围隔中无机氮浓度与放养密度及环境因子的关系. 海洋科学,24(10):51~54
- 王印庚,冷敏,陈霞,荣小军,廖梅杰. 2009. 中草药对刺参腐皮综合征病原菌的体外抑菌试验. 渔业科学进展,30(2):1~7
- 石建高,王鲁民,陈晓蕾,史航. 2009. 渔用高强度聚乙烯和普通聚乙烯编织线的拉伸力学性能比较试验. 渔业科学进展,30(3):125~130
- 曲克明,徐勇,马绍赛,李健. 2007. 不同溶解氧条件下亚硝酸盐和非离子氨对大菱鲆的急性毒性效应. 海洋水产研究,28(4):83~88
- 张春云,王印庚,荣小军,孙惠玲,董树刚. 2004. 国内外海参自然资源、养殖状况及存在问题. 海洋水产研究,25(3):89~97
- 张春云,王印庚,荣小军. 2006. 养殖刺参腐皮综合征病原菌的分离与鉴定. 水产学报,30(1):118~123
- 张涛,周维武,宋宗岩. 2004. 刺参人工筑礁高产高效养成技术要点. 河北渔业,3:29~30
- 杨秀兰,王法琴,张汉珍,薄学锋,刘刚,崔江华,王连华. 2006. 黄河三角洲沿海池塘养殖刺参的关键技术及其措施. 齐鲁渔业,23(12):15~18
- 沈南南,李纯厚,贾晓平,李卓佳. 2008. 小球藻与芽孢杆菌对对虾养殖水质调控作用的研究. 海洋水产研究,29(2):48~52
- 国家海洋局. 2008. 海洋监测规范第4部分:海水分析(GB17378.4-2007). 北京:中国标准出版社,99~122
- 金德祥,程兆第,林均民,刘师成. 1982. 中国海洋底栖硅藻类. 北京:海洋出版社,17~323
- 章宗涉,黄祥飞. 1991. 淡水浮游生物研究方法. 北京:科学出版社,328~357