

# 刺参育苗系统中的敌害生物——玻璃海鞘 的药物杀除试验

周书珩<sup>1,2</sup> 王印庚<sup>1\*</sup> 李胜忠<sup>2</sup> 荣小军<sup>1</sup> 李娟<sup>1</sup> 陈霞<sup>3</sup>

(<sup>1</sup>中国水产科学研究院黄海水产研究所, 青岛 266071)

(<sup>2</sup>新疆农业大学 动物科学学院, 乌鲁木齐 830052)

(<sup>3</sup>青岛九洋红水产科技有限公司, 266071)

**摘要** 10 种渔药对玻璃海鞘 *Ciona intestinalis* 的急性毒性试验结果表明, 硫酸锌( $\leq 3$  mg/L)、碳酸氢钠( $\leq 2.5\%$ )、茶皂素( $\leq 6.7$  ml/L)、氰氟菊酯( $\leq 0.2$  ml/L)、精制敌百虫粉( $\leq 4$  mg/L)、敌百虫·辛硫磷粉( $\leq 3$  mg/L)和高锰酸钾( $\leq 5$  mg/L)对玻璃海鞘无致死作用。在 24 h 内, 硫酸铜浓度 $\geq 1$  mg/L、灭鞘灵(MQL)浓度 $\geq 5$  mg/L 和自制大蒜素复方药物灭鞘散(MQS) $\geq 15$  mg/L 时, 对玻璃海鞘有 100% 的致死作用, 其 24 h 的  $LC_{50}$  值分别为 0.58、3.33 和 10.80 mg/L。硫酸铜浓度 $\geq 1$  mg/L 时, 稚参在 3 h 内吐肠率达 80% 以上, 对刺参能造成严重的生理伤害。因此, 硫酸铜不适合在生产实践中使用。MQS 浓度为 20 mg/L 或 MQL 浓度为 10 mg/L 对稚参的毒性实验表明, 药物浸泡稚参 96 h 仍活动正常, 对生存没有任何影响。因此, MQS 和 MQL 可视为刺参养殖系统中杀灭玻璃海鞘的有效药物, 分别采用 15 mg/L 和 5 mg/L 的浓度, 药浴 24 h 后换水即可完成。

**关键词** 刺参养殖 玻璃海鞘 敌害生物 毒理 半致死浓度

**中图分类号** S948; S968.9 **文献标识码** A **文章编号** 1000-7075(2009)02-0014-06

## Lethal effect of ten chemicals to sea squirt *Ciona intestinalis* in sea cucumber hatchery

ZHOU Shu-heng<sup>1,2</sup> WANG Yin-geng<sup>1\*</sup> LI Sheng-zhong<sup>2</sup>

RONG Xiao-jun<sup>1</sup> LI Juan<sup>1</sup> CHEN Xia<sup>3</sup>

(<sup>1</sup>Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071)

(<sup>2</sup>School of Animal Science and Technology, Xinjiang Agricultural University, Urumchi 830052)

(<sup>3</sup>Sunny Oceans Aquaculture Technology Co. Ltd, Qingdao 266071)

**ABSTRACT** Acute toxicity of ten chemicals to sea squirt *Ciona intestinalis* was tested. Seven of the ten drugs showed no lethal effect on *C. intestinalis*. These drugs were zinc sulfate ( $\leq 3$  mg/L), sodium bicarbonate ( $\leq 2.5\%$ ), tea saponin ( $\leq 6.7$  ml/L), cypermethrin ( $\leq 0.2$  ml/L), trichlorfon refined flour ( $\leq 4$  mg/L), trichlorfon and phoxim mixture ( $\leq 3$  mg/L) and potassium permanganate ( $\leq 5$  mg/L). In contrast, copper sulfate ( $\geq 1$  mg/L), MQL ( $\geq 5$  mg/L)

山东省科技发展计划项目(2004GG2205116)、青岛科技发展计划项目(02-1-kchhh-44)和农业结构调整重大技术研究专项(06-05-04B)共同资助

\* 通讯作者。E-mail: wangyg@ysfri.ac.cn, Tel: (0532)85841732

收稿日期: 2008-03-28; 接受日期: 2008-05-07

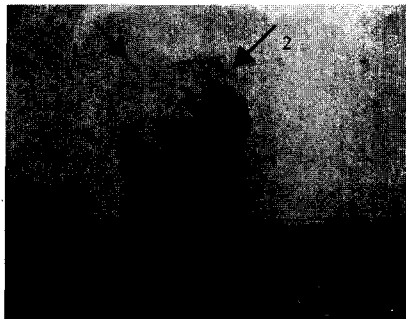
作者简介: 周书珩(1980-)男, 硕士, 主要从事水产动物疾病学研究。E-mail: zhoushgood@yahoo.com.cn

L) and garlicin mixture (MQS) ( $\geq 15$  mg/L) could kill sea squirt in 24 h, and the half lethal concentrations ( $LC_{50}$ ) of these three chemicals were 0.58 mg/L, 3.33 mg/L and 10.80 mg/L, respectively. At the concentration of 1 mg/L, copper sulfate could induce juvenile *Apostichopus japonicus* to disgorge their intestines in 3 h. Thus, copper sulfate is not suitable for use in culture practice. In addition, MQL and MQS had no toxin effects to juvenile *A. japonicus* in 96 h at the concentration of 10 mg/L and 20 mg/L, respectively. Therefore, MQL and MQS were considered as the effective drugs to kill *C. intestinalis* in the sea cucumber nursery system, and the dosage of 5 mg/L and 15 mg/L for soaking 24 h were recommended in their application. This method is effective to kill *C. intestinalis* in sea cucumber hatchery.

**KEY WORDS** *Apostichopus japonicus* culture *Ciona intestinalis* Toxicology  
Half lethal concentration  $LC_{50}$

玻璃海鞘 *Ciona intestinalis* 属脊索动物门、尾索动物亚门、海鞘纲、内性目、玻璃海鞘科(刘凌云等 1994)。玻璃海鞘在渤海、黄海、东海和南海均有分布。尤以黄、渤海居多,与柄海鞘和乳突皮海鞘并称为优势种。在南海偶尔出现但数量很少(郑成兴 1995)。玻璃海鞘属广温性种,在 5~30 °C 均可存活,随着温度的降低玻璃海鞘的生长速度逐渐减缓。玻璃海鞘幼体有尾,营自由生活;变态后成体营固着生活,具有厚的被囊,多个鳃裂。雌、雄同体,但异体受精。由于精子和卵子并不同时成熟,具有不能自体受精的生殖特性(刘利平 2005)。

经过调查发现,玻璃海鞘在山东省威海地区刺参 *Apostichopus japonicus* 育苗池中,一般 6 月初即可发现肉眼可见的幼小个体,8 月达到高峰,12 月份有所减少,其他地区随温度和环境不同有一定差异。玻璃海鞘(图 1)在稚参培育后期多有发生,其自由生活的幼体通过育苗用水和海泥饵料进入刺参育苗池。随着个体的变态发育,附着在刺参苗板上(塑料板或塑料布)。营滤食生活,摄食水中的浮游植物和悬浮有机颗粒,对大规格的单胞藻类具有较强的选择性,因此在食物上与刺参存在竞争(张继红等 2001)。严重时,玻璃海鞘可大量繁殖(图 2),不仅占据了刺参的生活空间而且与海参争夺饵料,同时还会大量消耗溶解氧,向水中排泄代谢物,从而抑制刺参的生长(王印庚等 2005;于东祥等 2004)。玻璃海鞘在室外潮间带刺参养殖池内也多有发生,其发生时间相比室内较晚一些。鉴于近年来玻璃海鞘发生率较高,对刺参育苗和养成产生较大影响,开展玻璃海鞘的生物学特性和防控技术研究具有重要的现实意义。本文通过 10 种渔药对玻璃海鞘的急性毒性试验和对刺参安全浓度的测定(邓旭明等 2001;农业部《新编渔药手册》编撰委员会 2005),旨在寻找适宜的杀除玻璃海鞘的药物,为刺参病害防治和健康养殖提供技术参考。



1. 入水孔 2. 出水孔 3. 附着突

1 Incurrent siphon; 2 Outcurrent siphon; 3 Attachment protuberance

图 1 刺参附苗板上的玻璃海鞘个体

Fig. 1 A *C. intestinalis* found on a polyethylene plate

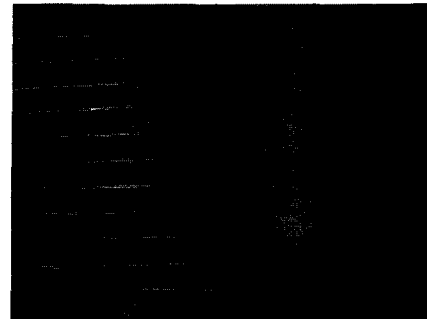


图 2 刺参附苗板附着大量玻璃海鞘

Fig. 2 Numerous *C. intestinalis*

(arrows) on polyethylene plate where a few sea cucumbers attached

## 1 材料和方法

### 1.1 样品的采集与暂养方式

玻璃海鞘和海参样品均采集于山东省威海市高岛盐场海参育苗池。玻璃海鞘 260 个,个体体长范围为 1.0~1.5 cm;稚参 210 个,个体体长范围为 1.5~2.0 cm。上述样品置于 100 L 的水族箱中暂养,暂养用水系海参育苗场沉淀处理的清洁海水,充气、换水。暂养 72 h 后进行急性毒性试验。

### 1.2 试验药品

本试验共试用 10 种渔药,药品的种类及来源详见表 1。文中所用草药符合《新编渔药手册》中关于中草药的有关规定。

表 1 试验药物种类和来源  
Table 1 Categories and sources of the tested medicines

药名 Drug	剂型 Reagent type	有效成分 Effectual component	含量 Content(%)	生产单位 Manufacture
硫酸锌 Zinc Sulfate	固体	硫酸锌	100	山东云翔化工有限公司
硫酸铜 Copper Sulfate	固体	硫酸铜	100	山东云翔化工有限公司
碳酸氢钠 Sodium Bicarbonate	固体	碳酸氢钠	100	山东云翔化工有限公司
清塘威 Qing Tang Wei	液体	茶皂素	10	长沙拜特生物科技研究所
氯氰菊酯 Cypermethrin	液体	氯氰菊酯	4.5	广州精博生物技术有限公司
精制敌百虫粉 Trichlorphon	固体	敌百虫	30	广州精博生物技术有限公司
敌百虫·辛硫磷粉 Trichlorphon·Phoxim	固体	敌百虫·辛硫磷	10,4	广州精博生物技术有限公司
高锰酸钾 Potassium Permanganate	固体	高锰酸钾	100	山东云翔化工有限公司
灭鞘灵 MQL	固体	进口成份(不详)	100	青岛杰海生物科技有限公司
灭鞘散 MQS	固体	大蒜素	30	作者自配草药复方药物

### 1.3 试验条件与方法

在室温 26 °C,水温 20±2 °C 的条件下,对玻璃海鞘进行急性毒性试验(李强等 2005)。试验用水取自威海市高岛盐场育苗场 1 次砂滤过的海水,试验容器为 5 L 玻璃烧杯。首先设定高浓度药物处理以进行预试验,根据其实验结果,重点选择有杀伤作用的药物。然后,针对有杀伤作用的药物及其特点,设计不同的浓度梯度试验(具体浓度见表 2、表 3 和表 4),每一浓度梯度组设置两个平行试验;另设空白对照组不加任何药物。选择经暂养 72 h 后个体健壮、活动正常状态下的玻璃海鞘,每杯(组)放养 10 个,按量加入药物,观察并记录玻璃海鞘的活动表现和死亡情况。鉴于刺参养殖时需要 24 h 内大换水的工艺特点,本试验以 24 h 急性毒性试验为重点观测节点。同时,对玻璃海鞘有致死作用的硫酸铜、MQL 和 MQS 药物,进行了 96 h 的稚参急性毒性试验。设定的药物浓度见表 5。试验容器为 5 L 玻璃烧杯,每一浓度梯度组设置两个平行试验;另设空白对照组。每杯(组)放置 10 头稚参(体长范围为 1.5~2.0 cm),试验期间以气石微量充气。

### 1.4 试验结果的判定

玻璃海鞘正常情况下水孔开闭有规律性,开闭间隔均匀,收缩力度适中,身体随出水孔中海水的排出而旋转运动。加药后,轻微反应为出入水孔瞬间迅速闭合,紧缩,适应环境后水孔张开,张开速度缓慢,水孔开闭节奏有明显的变化;严重反应为水孔迅速闭合,向身体内紧缩,不再张开,身体紧缩成球状、不运动。死亡以出、入

水孔紧闭,内脏团呈黄色浑浊、紧缩,背囊褶皱、无弹性,置于清洁海水中出、入水孔没有开闭运动、用玻璃棒触摸无反应为准。稚参正常情况下肉刺伸展,身体附着于烧杯壁,可运动。加药后,轻微反应为稚参棘刺有收缩,从烧杯壁落入杯底。仍可运动,适应环境后肉刺间歇性伸缩。严重反应为稚参身体迅速收缩成一团,落入杯底,不运动,一段时间后将内脏排出(即排脏)。

## 1.5 数据处理

本试验采取全身性药浴用药的急性毒性试验方法,即为 1 次用药后观察动物的中毒症状。根据毒性反应,取其试验结果的平均值,用 Reed-Muech 氏法(曹澍泽 1991)求出各种药物对玻璃海鞘 24 h 的半致死浓度(LC<sub>50</sub>)值(邓旭明等 2001)以及最低致死浓度。选取对玻璃海鞘有致死作用的药物,再进行对刺参的急性毒性试验,按下式求出药物对刺参的安全浓度(SC),计算公式为:

$$SC=96hLC_{50} \times 0.1$$

## 2 结果

### 2.1 对玻璃海鞘无致死作用的药物

通过药物高浓度试验发现,硫酸锌( $\leq 3$  mg/L)、碳酸氢钠( $\leq 2.5\%$ )、茶皂素( $\leq 6.7$  ml/L)、氯氰菊酯( $\leq 0.2$  ml/L)、精制敌百虫粉( $\leq 4$  mg/L)、敌百虫·辛硫磷粉( $\leq 3$  mg/L)和高锰酸钾( $\leq 5$  mg/L)均对玻璃海鞘无致死作用,其中硫酸锌、碳酸氢钠、查皂素、精制敌百虫粉和敌百虫·辛硫磷对玻璃海鞘无任何影响,玻璃海鞘水孔开闭正常,身体旋转运动自如。在上述实验浓度范围内,高锰酸钾和氯氰菊酯对玻璃海鞘有明显的刺激作用。一经药物加入,玻璃海鞘水孔有明显的收缩迹象,但适应环境后,其水孔开闭正常,故有刺激作用但无致死作用。

### 2.2 对玻璃海鞘有致死作用的药物

MQS、MQL 和硫酸铜均可以杀死玻璃海鞘,用这 3 种药物进行对玻璃海鞘毒性的梯度试验,结果如表 2、表 3 和表 4。

表 2 MQS 对玻璃海鞘的毒性试验结果  
Table 2 Toxic test of MQS on *Ciona intestinalis*

时间 Time	药物浓度 Drug concentration(mg/L)						
	20	17.5	15	12.5	10	7.5	0
10 min	4 <sup>-</sup>	4 <sup>-</sup>	0	0	0	0	0
20 min	4 <sup>-</sup>	4 <sup>-</sup>	2 <sup>-</sup>	0	0	0	0
30 min	6 <sup>-</sup>	4 <sup>-</sup>	2 <sup>-</sup>	0	0	0	0
1 h	6 <sup>-</sup>	4 <sup>-</sup>	4 <sup>-</sup>	2 <sup>-</sup>	2 <sup>-</sup>	0	0
3 h	10 <sup>-</sup>	6 <sup>-</sup>	6 <sup>-</sup>	2 <sup>-</sup>	2 <sup>-</sup>	0	0
5 h	10 <sup>-</sup>	6 <sup>-</sup>	6 <sup>-</sup>	2 <sup>-</sup>	2 <sup>-</sup>	0	0
7 h	10 <sup>-</sup>	8 <sup>-</sup>	6 <sup>-</sup>	4 <sup>-</sup>	2 <sup>-</sup>	0	0
10 h	10	8	6	4	4	0	0
12 h	10	8	6	4	4	0	0
24 h	10	10	10	8	4	0	0

注:表中数字为玻璃海鞘的死亡个数;“<sup>-</sup>”代表水孔闭合的玻璃海鞘数(后同)

表3 MQL对玻璃海鞘的毒性试验结果  
Table 3 Toxic test of MQL on *Ciona intestinalis*

时间 Time	药物浓度 Drug concentration(mg/L)					
	10	7	5	3	1	0
10 min	4 <sup>-</sup>	2 <sup>-</sup>	0	0	0	0
20 min	4 <sup>-</sup>	4 <sup>-</sup>	0	0	0	0
30 min	6 <sup>-</sup>	4 <sup>-</sup>	0	0	0	0
1 h	10 <sup>-</sup>	8 <sup>-</sup>	0	0	0	0
2 h	10 <sup>-</sup>	10 <sup>-</sup>	0	0	0	0
9 h	10	10	6	0	0	0
12 h	10	10	10	4	0	0

表4 硫酸铜对玻璃海鞘的毒性试验结果  
Table 4 Toxic test of CuSO<sub>4</sub> on *Ciona intestinalis*

时间 Time	药物浓度 Drug concentration(mg/L)						
	5	2.5	1	0.5	0.25	0.1	0
10 min	10 <sup>-</sup>	0	0	0	0	0	0
20 min	10 <sup>-</sup>	8 <sup>-</sup>	0	0	0	0	0
30 min	10 <sup>-</sup>	8 <sup>-</sup>	0	0	0	0	0
1 h	10 <sup>-</sup>	10 <sup>-</sup>	4 <sup>-</sup>	0	0	0	0
3 h	10 <sup>-</sup>	10 <sup>-</sup>	6 <sup>-</sup>	0	0	0	0
5 h	10 <sup>-</sup>	10 <sup>-</sup>	8 <sup>-</sup>	4 <sup>-</sup>	0	0	0
12 h	10	10	8	4	0	0	0
24 h	10	10	10	4	0	0	0

从表2、表3和表4中可以看出,在24 h内MQS浓度 $\geq 15$  mg/L、MQL浓度 $\geq 5$  mg/L和硫酸铜浓度 $\geq 1$  mg/L对玻璃海鞘均有100%的致死作用。

### 2.3 敏感药物对玻璃海鞘的毒性作用

实验结果表明,MQS、MQL和硫酸铜对玻璃海鞘有致死作用。当加入敏感药物MQS与硫酸铜时,最初玻璃海鞘的水孔瞬间迅速闭合、紧缩;适应一段时间后,水孔缓慢张开,水孔闭合节奏与正常情况下显著不同。随着药物作用时间的延长,玻璃海鞘的水孔逐渐向内部用力收缩、紧闭;然后内脏团呈黄色浑浊、紧缩,背囊褶皱、无弹性,水孔没有开闭运动,身体也不动,最后发生死亡。但MQL对玻璃海鞘的毒性反应却有所不同,死亡玻璃海鞘的水孔处于张开、无收缩的状态。运用Reed-Muech氏法分别求出MQS、MQL和硫酸铜对玻璃海鞘24 h的LC<sub>50</sub>为10.80、3.33和0.58 mg/L。

### 2.4 对玻璃海鞘有致死作用的药物对稚参的毒性

硫酸铜对稚参毒性的梯度试验结果如表5。

表5 硫酸铜对稚参的毒性试验结果  
Table 5 Toxic test of CuSO<sub>4</sub> on juvenile *Apostichopus japonicus*

时间 Time	药物浓度 Drug concentration(mg/L)				
	5	2.5	1	0.5	0
10 min	10 <sup>-</sup>	10 <sup>-</sup>	0	0	0
20 min	10 <sup>-</sup>	10 <sup>-</sup>	10 <sup>-</sup>	0	0
30 min	10 <sup>-</sup>	10 <sup>-</sup>	10 <sup>-</sup>	0	0
1 h	4	0	0	10 <sup>-</sup>	0
2 h	8	6	4	10 <sup>-</sup>	0
3 h	10	10	8	10 <sup>-</sup>	0
24 h	10	10	10	0	0

注:表中数字为稚参吐肠数;“-”数代表稚参棘刺收缩数

MQS 和 MQL 在 96 h 内对稚参毒性的梯度试验结果是:MQS 浓度 $\leq 20$  mg/L 与 MQL 浓度 $\leq 7$  mg/L 时稚参棘刺收缩数和吐肠数均为 0。

药物对稚参毒性试验表明,MQS 浓度 $\leq 20$  mg/L 与 MQL 浓度 $\leq 7$  mg/L 在 96 h 内对稚参无影响。硫酸铜浓度 $\geq 0.5$  mg/L 时,稚参棘刺发生收缩;当浓度 $\geq 1$  mg/L 时,稚参在 3 h 内吐肠率达 80% 以上(表 5)。运用 Reed-Muech 氏法求出硫酸铜对稚参 96 h 的  $LC_{50}$  为 0.75 mg/L,硫酸铜对稚参的安全浓度  $SC=0.75$  mg/L $\times 0.1=0.075$  mg/L。

### 3 讨论

通过对 10 种药物的筛选发现,硫酸锌( $\leq 3$  mg/L)、碳酸氢钠( $\leq 2.5\%$ )、茶皂素( $\leq 6.7$  ml/L)、氯氰菊酯( $\leq 0.2$  ml/L)、精制敌百虫粉( $\leq 4$  mg/L)、敌百虫·辛硫磷粉( $\leq 3$  mg/L)和高锰酸钾( $\leq 5$  mg/L) 7 种药物在其标识的浓度范围内对玻璃海鞘无致死作用。而 MQS( $\geq 15$  mg/L)、MQL( $\geq 5$  mg/L)和硫酸铜( $\geq 1$  mg/L)3 种药物有良好的杀除效果。但经过对稚参毒性试验证实,硫酸铜浓度 $\geq 0.5$  mg/L 时,稚参棘刺发生收缩;当浓度 $\geq 1$  mg/L 时,稚参在 3 h 内吐肠率达 80% 以上,对刺参能造成严重的生理伤害。因此,硫酸铜不适合在生产实践中使用。相比较而言,MQS 和 MQL 既能有效杀死玻璃海鞘,又对稚参无毒副作用。当 MQS 在 15 mg/L 和 MQL 5 mg/L 浓度下,玻璃海鞘在 24 h 内完全死亡,其半致死浓度( $LC_{50}$ )分别为 10.80 和 3.33 mg/L。稚参在这两种药物浓度为 20 和 10 mg/L 时,浸泡 96 h 仍活动正常,对生存没有任何影响。根据刺参育苗每日换水的工艺特点(常亚青等 2004),MQS 和 MQL 可视为刺参养殖系统中杀灭玻璃海鞘的药物,分别采用 15 和 5 mg/L 的浓度,药浴 24 h 换水即可完成。

据 Nakatani 等(1999)报道,玻璃海鞘幼体经过几小时至 1 d 的自由游泳生活,借助于简单的眼和感觉细胞寻找合适的栖息地,用身体前端的附着突附着在某一物体上开始变态。变态期间,其尾部连同脊索逐渐萎缩消失,感觉器官消失。同时附着突起背面生长迅速,其他部位生长迟缓,内部器官旋转大约  $90^\circ$ ,体壁分泌背囊素形成背囊,玻璃海鞘开始营固着生活。经本研究调研发现,玻璃海鞘自 6 月份可在山东省刺参育苗池育苗板上发现,自小到大,以至形成危害。为有效防治玻璃海鞘的发生和危害,可在玻璃海鞘在育苗系统发生时期进行预防。由于玻璃海鞘营附着生活和滤食性特点,使用药物的简便方法是进行全池药浴。

在养殖生产实践中,由于水质的影响以及玻璃海鞘的密度和大小不同,使用药物的量可能与上述研究结果有所不同。今后需要对玻璃海鞘在刺参育苗系统内的发生和生长条件进行调查研究,加强上述所选药物对玻璃海鞘的中试临床效果观察,总结药物使用的剂量、频次和杀除工艺,建立一套杀除玻璃海鞘的技术规范,为刺参病害防治和健康养殖提供技术保障。

### 参 考 文 献

- 于东祥,孙慧玲,陈四清,张 岩. 2004. 海参健康养殖技术. 北京:海洋出版社,211~215
- 王印庚,荣小军,张春云,孙素凤. 2005. 养殖海参主要疾病及防治技术. 海洋科学,29(3):1~7
- 邓旭明,曾忠良,孙志良,聂 奎. 2001. 兽医药理学. 长春:吉林人民出版社,497~500
- 刘凌云,郑光美. 1994. 普通动物学. 北京:高等教育出版社,331~338
- 刘利平. 2005. 玻璃海鞘 *Ciona intestinalis* 实验养殖、血细胞的分类及其免疫应答研究. 见:中国科学院海洋研究所博士论文,1~27
- 农业部《新编渔药手册》编撰委员会. 2005. 新编渔药手册. 北京:中国农业出版社,94~109
- 李 强,罗永成,李 华,常亚青. 2005. 常用抗菌药物和消毒剂对刺参幼体的急性毒性试验. 大连水产学院学报,20(2):105~110
- 张继红,方建光,董双林. 2001. 温度对柄海鞘和玻璃海鞘食物颗粒选择性的影响. 海洋水产研究,22(2):47~51
- 郑成兴. 1995. 中国沿海海鞘的物种多样性. 生物多样性,3(4):201~205
- 曹澍泽,郭玉璞,董国雄. 1991. 兽医微生物学及免疫学技术. 北京:北京农业大学出版社,371~372
- 常亚青,丁 君,宋 坚,杨 威. 2004. 海参. 1999. 海胆生物学研究与养殖. 北京:海洋出版社,145~151
- Nakatani Yuki, Moody Robert, and Smith William, C. 1999. Mutations affecting tail and notochord development in the ascidian *Ciona savignyi*. Development, 126:3 293~3 301