

# 海绵的生物学特性及其在水产养殖中的应用前景

蒲红宇<sup>1</sup> 张弼<sup>2</sup> 唐玲<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>大连水产学院 生命科学与技术学院, 116023)

(<sup>2</sup>大连鹤圣丰海产品养殖厂, 116113)

**摘要** 海绵是世界上最原始的低等多细胞动物之一,广泛分布于地球上的各种水体,由潮间带到深海海底,甚至淡水中都可见到。本文概述了海绵的外部形态、内部结构和生活习性等生物学特点,介绍了利用海绵高效泵水功能净化水产养殖水体和生物共生体系预防养殖病害的研究应用前景。

**关键词** 海绵 水产养殖 应用 滤水 净化

**中图分类号** S917.4 **文献标识码** A **文章编号** 1000-7075(2009)03-0135-04

## Biological characteristics of sponge and its application in aquaculture

PU Hong-yu<sup>1</sup> ZHANG Bi<sup>2</sup> TANG Ling<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>Life Science and Technology Institute, Dalian Fisheries University, 116023)

(<sup>2</sup>Dalian Heshengfeng Seafood Farm, 116023)

**ABSTRACT** Sponge is one of the most primitive multicellular animals in the world, which distributes widely on earth, from tidal zone to deep sea-bed, even can be seen in fresh water. This article outlines the biological characteristics of sponge, including external features, internal structure, life-habits and so on. The article also introduces the prospect of using the high efficiency pump-function of sponge in purifying aquaculture water and as parts of the symbiotic system to prevent aquaculture disease.

**KEY WORDS** Sponge Aquaculture Application Filter Purification

我国是世界水产养殖大国,也是世界上唯一一个水产养殖产量高于捕捞产量的国家(张福绥等 2003),自 20 世纪 80 年代开始,我国的水产养殖规模急速扩大,集约化程度也显著提高。但长期以来,由于外来污染和水产动物养殖的自身污染物的累积,水产病害日益严重。为了有效防止病害发生,水产药物广泛使用,用药的频率、剂量也不断地加大,这不仅能直接引起养殖动物新陈代谢障碍、药物残留、环境污染和产品品质下降,而且会导致有抗药性病原细菌的产生,使药物失效而浪费。因此,如何有效防治水产病害,仍然是困扰着广大养殖业者的一大难题。另一方面,随着人们对水产养殖动物产品安全性和环境保护要求的提高,水产药物的使用越来越受限制。因此,如何健康发展水产养殖业,在保护环境的同时,控制病害的发生,提高水产品质量,是当前急需解决的问题。

海绵是一种多细胞滤食性动物,可以无选择性地大量滤除水体中的微小悬浮有机物质;尤其对细菌的滤除效率极高,自身不但不受感染,而且还可利用这些细菌,增加自身的生物量。已有研究表明,在污染水域海绵是

一种除菌效率很高的生物滤器(付晚涛等 2006)。

## 1 海绵的生物学特性

### 1.1 海绵的形态特征

海绵是地球上最古老、最简单的多细胞动物之一,它代表了现存动物进化历史最长的门类,成为研究动物在新元古代演化水平的最好证据,被称为“活化石”(Werner *et al.* 2007)。海绵可以生长在不同的水生微环境(Aquatic microhabitats)。成体全部营固着生活,附着于水中的岩石、贝壳和水生植物或其他物体上。部分海绵还生长在洞穴中,甚至利用自身的骨针把自己锚定在被水淹没的砂子和淤泥中。大多数海绵生长在浅水环境,少数海绵生长在深水中(Bergquist *et al.* 1978)。

海绵的体形各种各样,有不规则的块状、球状、树枝状、管状和瓶状等。虽然有些海绵有一定的形状和辐射对称,但是多数是像植物一样不规则地生长,甚至有些连个体都分不清(刘凌云等 2006)。大多数海绵有非常鲜艳的颜色,如红、紫、绿、黄和橙色等,也有一些呈现褐色和灰色。

海绵没有明确的组织和器官,靠分化的细胞完成各种生理机能。海绵体表有无数孔(Porous),故又名多孔动物,小的是入水孔(Ostium),大的是出水口(Osculum)。通过这些孔,海绵把环境中的水泵入体内,从中摄取食物。

海绵的外表面是由单层的扁平细胞(Pinacocyte)形成的外扁平上皮层(Exopinacoderm);体内空腔是由带鞭毛(Flagella)的领细胞(Choanocyte)形成的鞭毛领细胞层(Flagellated choanoderm)所围成的空腔,被称为领细胞腔(Choanocyte chambers);由单层的扁平细胞形成的内扁平上皮层(Endopinacoderm)围成的流入导管(Incurrent canals)和流出导管(Excurrent canals)连通海绵的空腔(Choanocyte chambers)和外表的小孔;前幽门(Prosopyle)和后门(Apopyle)分别是流入导管和流出导管与空腔的连接阀;海绵的整个循环体系被称为海绵的水沟体系(Aquiferous system)(图1)(刘凌云等 2006)。

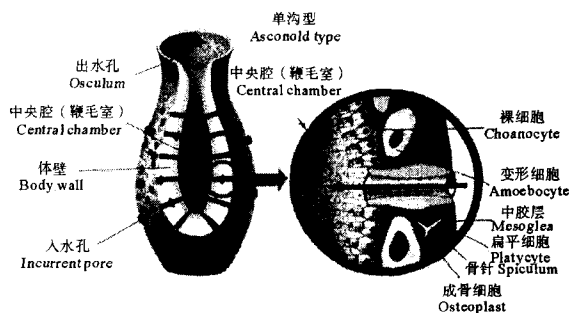


图1 海绵的水沟体系(改自 刘凌云等 2006)

Fig. 1 The structure of aquiferous system of sponge (From Liu Ling-yun *et al.* 2006)

### 1.2 海绵滤水功能的特征

研究发现,海绵的主动泵水能力非常惊人,在5 s内的泵水量相当于自身的体积。有一种海绵 *Geodia cydonium* 每千克每天泵水 24 000 L(Vogel 1977)。海绵通过泵水为自身提供食物和氧气。海绵可以滤食直径 0.1~50  $\mu\text{m}$  左右的颗粒物(Osinga *et al.* 1999),包括单细胞的浮游生物(Plankton),细菌、病毒和有机颗粒物等(Yahel 2003)。直径在 5~50  $\mu\text{m}$  的颗粒,在海绵的流入导管被内扁平细胞和原细胞吞噬;0.1~5  $\mu\text{m}$  的颗粒被领细胞和原细胞吞噬,领细胞微绒毛和在它周围的细胞外基质(Matrix)象网一样捕获最小的颗粒和溶解有机质;直径超过 50  $\mu\text{m}$  的大颗粒由于太大而不能进入入水孔,但可以被海绵表面的外扁平细胞吞噬。所有的海绵细胞都能通过噬菌作用(Phagocytosis)摄取(Ingest)颗粒有机物(Simpson 1984)(图2)。

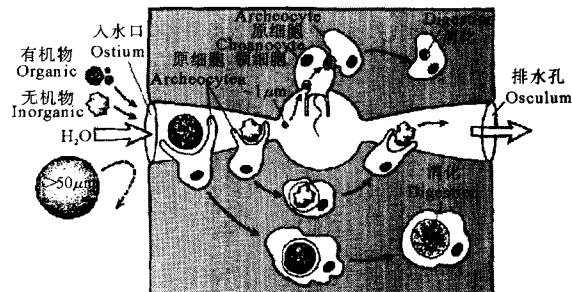


图2 海绵动物的过滤摄食和消化机理(改自 Bergquist 等 1978)

Fig. 2 Filtration and digestion of sponge (From Bergquist *et al.* 1978)

## 2 海绵在水产养殖环境修复中的应用前景

### 2.1 海绵生物功能的研究状况

海绵生物量约占海洋物种总生物量的 1/15,是海洋中生物量仅次于珊瑚的第 2 大物种,全世界大约有各种海绵 10 000 到 15 000 种左右,我国也有近 5 000 种,由于它们不是经济类海洋物种,因此以前很少有人研究(张骁英等 2002)。

20 世纪以来,随着人们对海绵认识与研究的逐步深入,海绵体内多种活性物质被发现,海绵开始被应用于医药生产方面,成为海洋生物制药的最大药源生物。然而,海绵的高效滤水功能在生物防治和生态保护方面的作用还未被人们了解和重视。

近年来,海水增殖区的自身污染问题日益突出(国家海洋局 2003),其中病原菌污染不但导致水域水质恶化(宋立超等 2005),而且同时危害养殖生物(林凤翱等 2004)。目前采取的主要防治手段是使用抗生素类药物,这将导致细菌产生耐药性(胡莹莹等 2004),而且抗生素残存在养殖生物体内(祝玲等 2005)会通过食物链进入人体。

海绵是滤食性动物,依靠体内发育良好的水沟系,可以高效处理海水(24 000 L/d·kg)(Vogel 1977),保留 80% 以上的悬浮颗粒(Reiswig 1971),特别是对细菌(约 1 μm)的保留效率达到 96%(Reiswig 1975)。近年来,海绵这种高效率的保留能力,在控制水体中悬浮微粒物质方面的作用开始逐渐被人关注(Gili *et al.* 1998; Officer *et al.* 1982)。Claus 等(1967)和 Madri 等(1967)第 1 次报道了海绵移除污水中的微生物污染物的能力。Pronzato 等(1998)曾报道过海绵在海岸带可持续发展中对于水产养殖的作用,提出利用海绵作为生物修复体移除海水中的有机污染物,并将其转化为海绵生物量的观点;Milanese 等(2003)报道过 *Chondrilla nucula* Schmidt 海绵的选择性滤食在水产养殖上的生物修复作用,国内有关的研究报道相对较少。

### 2.2 海绵在水产养殖中的应用研究进展

研究表明,利用海绵超强的滤水能力和对悬浮颗粒物的高效率的保留能力净化养殖水体水质有非常巨大的开发潜力。付晚涛等(2006)在实验室进行了繁茂膜海绵滤食养殖水体中过剩饵料的研究。研究发现,在无营养盐条件下,5 g 鲜重的繁茂膜海绵处理 300 ml 浓度为  $1.62 \times 10^6$ /ml 的新月菱形藻 *Nitzschia closterum* 藻液 240 h 后,处理组藻液的平均浓度仅为对照组的 2.9%,为初始浓度的 17.2%;在有营养盐条件下,处理同样体积的浓度为  $0.87 \times 10^6$ /ml 的藻液 220 h 后,处理组藻液的平均浓度仅为对照组的 0.05%,为初始浓度的 64.4%。实验同时开展了繁茂膜海绵处理养殖水体中残剩藻粉和鱼粉等人工饲料原料的效果研究。1.5 g 鲜重的繁茂膜海绵处理 200 ml,含人工残饵浓度为 200 mg/L 的海水,在第 4 天时,海绵已滤食 72.6% 的颗粒物,有机颗粒物的最大比截留速率为  $21.6 \times 10^{-3}$ /d·L,同时,海绵的生物量明显增加。上述试验证明,利用海绵生物的强大滤水功能清除养殖水体中的残剩饵料以达到净化养殖水体的目的是完全有效的。

另外,相关的实验还表明,繁茂膜海绵可以高效清除水体中的有机碳、粪大肠菌群和弧菌等(Ribes 2005)。9 g 繁茂膜海绵 10 h 可将 3 L TOC 含量 300 mg/L 的海水几乎滤净;将 3 L 海水中大肠杆菌 *E. coli* ( $150 \times 10^4$  cells/ml)滤除 99% 以上(Reiswig 1971)。研究还发现,海绵同样具有滤食养殖水体中总细菌的能力,经过海绵 24 h 处理后,海水中总细菌的数量比初始数量降低 25.2%~95.1%。水温 18 ℃ 条件下,海绵滤食总细菌的速率在  $2.0 \times 10^6 \sim 48.8 \times 10^6$  cells/24 h·g 范围内,海绵滤除总细菌有阶段性特征:总细菌初始数量在  $25 \sim 55 \times 10^4$  cells/ml 范围内,海绵滤食细菌的速率几乎没有什么明显变化;而当总细菌初始数量在  $55 \sim 250 \times 10^4$  cells/ml 时,海绵滤食细菌的速率与总细菌初始数量成线性正相关,其斜率为 0.22(付晚涛等 2007)。因此,海绵可以作为适宜的生物修复体,有效清除养殖水体中的各种细菌,改善养殖水体的生态环境。

目前,利用海绵强大的滤食功能开发高效健康的生物滤器正吸引着越来越多的专家学者投入研究。然而,由于人们对海绵的生长繁殖规律尚处于初步探索阶段,还不能实现海绵的全人工养殖和繁殖,研究使用的海绵均来自海区的天然采捕,海绵采捕成本高,无法在实验室内长期饲养。因此,要将海绵广泛应用于养殖水体,实

现海绵对水产养殖环境的生物修复作用,首先要深入研究海绵的生物学习性,开展海绵的人工繁殖和养殖,解决海绵的供应问题。另一方面,由于海绵的突发性死亡会迅速释放出体内未消化的细菌,造成污染。因此,必须进一步研究海绵在养殖水体存活和生长过程中的生理变化,实现海绵的持续生长,防止海绵的中途大量死亡,保证海绵作为生物滤器稳定的使用效果。

总之,目前国内外多数关于利用海绵开展水体生态净化方面的研究仍停留在实验室阶段,应用于生产实践还需要开展大量深入细致的研究工作和进一步的规模化生产试验。

## 参 考 文 献

- 付晚涛,张卫,金美芳,虞星炬,鞠艳,张喜昌. 2006. 繁茂膜海绵滤食养殖水体中过剩饵料的研究. 海洋环境科学, 9. 35(3): 29~32
- 付晚涛,张卫,吴益春,虞星炬,金美芳,张喜昌. 2007. 繁茂膜海绵生物修复养殖水体中病原体的初步研究. 海洋环境科学, 6. 26(3): 217~220
- 刘凌云,郑光美. 普通动物学. 2006. 北京: 高等教育出版社
- 宋立超,樊景凤,刘述锡,梁玉波. 2005. 病原性海洋弧菌快速检测方法的研究进展. 海洋环境科学, 24(1): 65~69
- 张晓英,赵权宇,薛松,张卫. 2002. 海绵生物活性物质及海绵细胞离体培养. 生物工程学报, 18(1): 10~15
- 张福绥. 2003. 近现代中国水产养殖业发展回顾与展望. 世界科技研究与发展, 25(3): 5~13
- 林凤翔,于占国,梁玉波,关道明,冯金祥. 2004. 辽东湾沿岸贝类和环境中的粪大肠菌和细菌总数. 海洋环境科学, 23(3): 43~45
- 国家海洋局. 2003. 中国海洋环境质量公报. 北京: 国家海洋局
- 祝玲,蔡创华,周毅频,蔡俊鹏. 2005. 九孔鲍肠道及其养殖水体中异养细菌抗药性研究. 海洋环境科学, 24(3): 17~20
- 胡莹莹,王菊英,马德毅. 2004. 近岸养殖区抗生素的海洋环境效应研究进展. 海洋环境科学, 23(4): 76~80
- Bergquist, P. R. *et al.* 1978. London: Hutchinson
- Claus, G., Madri P., and Kunen, S. 1967. Removal of microbial pollutants from waste effluents by the red-beard sponge. *Nature*, 18(216): 712~714
- Gili, J. M., and Coma, R. 1998. Benthic suspension feeders: Their paramount role in litter oral marine food webs. *Trends in Ecology and Evolution*, 13(8): 316~321
- Madri, P., Claus G., and Kunen, S. M. 1967. Preliminary studies on the *Escherichia coli* uptake of the red beard sponge *Microcionia prolifera* verrill. *Life Sciences*, 6(8): 889~894
- Milanese, M., Chelossi, E., Manconi, R., and Bianchi, G. 2003. The marine sponge *Chondrilla nucula* Schmidt, 1862 as an elective candidate for bioremediation in integrated aquaculture. *Bio. Molecular Engineering*, 20: 363~368
- Officer, C. B., Smayda, T. J., and Mann, R. 1982. Benthic filter feeding: A natural eutrophication control. *Marine Ecology Progress Series*, 9: 203~210
- Osinga, R., Tramper, J., and Wijffels, R. H. 1999. Cultivation of marine sponges. *Marine Biotechnology*, 1: 509~532
- Pronzato, R., Cerrano, C., Cubeddu, T., and Manconi, R. 1998. Sustainable development in coastal areas: Role of sponge farming in integrated aquaculture. *European Aquaculture Society*, 26: 231~232
- Reiswig, H. M. 1971. Particle feeding in natural populations of three marine demo sponges. *The Biological Bulletin*, 141: 568~591
- Reiswig, H. M. 1975. Bacteria as food for temperate-water marine sponges. *Can. J. Zool.* 53: 582~589
- Ribes, M. 2005. Sponges and ascidians control removal of particulate organic nitrogen from coral reef water. *Limnology and Oceanography*, 50(5): 1480~1489
- Simpson, T. L. 1984. *The cell biology of sponges*. New York: Springer
- Vogel, S. 1977. Current-induced flow through living sponges in nature. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 74: 2069~2071
- Werner, E. G. M. 王晓红,曾令森, Heinz, C. S. 2007. 海绵动物的演化意义及其生物硅的仿生应用. *科学通报*, 52(12): 1372~1381
- Yahel, G. 2003. In situ feeding and element removal in the symbiotic-bearing sponge *Theonella swinhoei*: Bulk DOC is the major source for carbon. *Limnology and Oceanography*, 48(1): 141~149