

学校编码：10384  
学号：22420111151379

密级

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

叶片山海绵生活史的研究

Study on the life history of *Mycale (Mycale) phyllophila*  
Hentschel, 1911

欧徽龙

指导教师姓名：王德祥 副教授

专 业 名 称：海 洋 生 物

论文提交日期：2014 年 5 月

论文答辩时间：2014 年 5 月

2014年5月

## 厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为( )课题(组)的研究成果,获得( )课题(组)经费或实验室的资助,在( )实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

## 厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文(包括纸质版和电子版)，允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

(        )1.经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，于  
年    月    日解密，解密后适用上述授权。

(        )2.不保密，适用上述授权。

(请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。)

声明人(签名)：

年    月    日

## 目 录

摘要.....	I
Abstract.....	III
第一章 绪论.....	1
1.1 海绵动物的生物学特性研究.....	1
1.2 海绵动物的研究价值.....	2
1.2.1 海绵动物骨针特性研究.....	2
1.2.2 海绵动物活性物质.....	4
1.3 海绵动物生活史的研究概况.....	5
1.4 研究主要目的、意义和内容.....	7
第二章 叶片山海绵的早期胚胎发育.....	9
2.1 引言.....	9
2.2 材料和方法.....	10
2.2.1 主要仪器和试剂.....	10
2.2.2 海绵样品采集.....	10
2.2.3 石蜡切片制备.....	11
2.2.4 HE 染色.....	11
2.3 结果.....	12
2.3.1 卵细胞形成.....	12
2.3.2 精子发生.....	13
2.3.3 胚胎发育.....	16
2.3.4 幼体形成.....	18
2.3.5 繁殖期.....	20
2.4 讨论.....	22
第三章 海绵动物幼体释放规律以及稚体生长的研究.....	26
3.1 引言.....	26
3.2 材料和方法.....	26
3.2.1 海绵动物幼体释放实验.....	26

3.2.2 海绵动物稚体生长研究.....	28
3.3 结果 .....	28
3.3.1 海绵动物幼体释放实验.....	28
3.3.2 海绵动物稚体生长研究.....	30
3.4 讨论 .....	33
第四章 物理化学因子对海绵幼体附着变态的影响 .....	37
4.1 引言 .....	37
4.2 材料和方法 .....	38
4.2.1 海绵幼体的采集.....	38
4.2.2 神经递质对海绵幼体附着变态的影响.....	38
4.2.3 光照对海绵幼体附着变态的影响.....	38
4.2.4 附着基种类对海绵幼体附着变态的影响.....	39
4.2.5 盐度对海绵幼体附着变态的影响.....	39
4.3 结果 .....	39
4.3.1 神经递质对海绵幼体附着变态的影响.....	40
4.3.2 光照对海绵幼体附着变态的影响.....	43
4.3.3 附着基种类对海绵幼体附着变态的影响.....	43
4.3.4 盐度对海绵幼体附着变态的影响.....	45
4.4 讨论 .....	46
4.4.1 神经递质的影响.....	46
4.4.2 物理因子的影响.....	48
第五章 叶片山海绵的无性增殖 .....	51
5.1 引言 .....	51
5.2 材料和方法 .....	51
5.2.1 海绵组织块的生长实验.....	51
5.3 结果 .....	52
5.3.1 叶片山海绵组织块养殖.....	52
5.4 讨论 .....	54
总结和展望.....	58

参考文献.....60

在学期间发表的论文 .....67

致谢语.....68

厦门大学博硕士学位论文摘要库

**Contents**

Abstract in Chinese .....	I
Abstract in English.....	III
Chapter 1 General introduction .....	1
1.1 Biological characteristics of sponges .....	1
1.2 Research values of sponges .....	2
1.2.1 Characteristic study of sponge spicule .....	2
1.2.2 Bioactive substances of sponges .....	4
1.3 Life history of sponges .....	5
1.4 Objective and significance of this study.....	7
Chapter 2 The embryonic development of <i>Mycale phyllophila</i> .....	9
2.1 Introduction .....	9
2.2 Material and methods .....	10
2.2.1 Instruments and reagents .....	10
2.2.2 Sample collection .....	10
2.2.3 Paraffin section.....	11
2.2.4 HE staining .....	11
2.3 Results .....	12
2.3.1 Oogenesis .....	12
2.3.2 Spermatogenesis .....	13
2.3.3 Embryonic development .....	16
2.3.4 Larval morphogenesis .....	18
2.3.5 Reproduction period.....	20
2.4 Discussion.....	22
Chapter 3 Larval release and growth of juveniles of <i>Mycale phyllophila</i> ...	26
3.1 Introduction .....	26
3.2 Materials and methods.....	26
3.2.1 Experiment of larval release.....	26
3.2.2 Experiment of juveniles' growth.....	28
3.3 Results .....	28
3.3.1 Experiment of larval release.....	28

3.3.2 Experiment of juveniles' growth.....	30
3.4 Discussion.....	33
Chapter 4 Effects of physical and chemical factors on larval settlement and metamorphosis .....	37
4.1 Introduction .....	37
4.2 Materials and methods.....	38
4.2.1 Collection of released larvae .....	38
4.2.2 Effects of neuroactive compounds .....	38
4.2.3 Illumination effects .....	38
4.2.4 Effects of substrate types.....	39
4.2.5 Effects of salinity .....	39
4.3 Results .....	39
4.3.1 Effects of neuroactive compounds .....	40
4.3.2 Illumination effects .....	43
4.3.3 Effects of substrate types.....	43
4.3.4 Effects of salinity .....	45
4.4 Discussion.....	46
4.4.1 Effects of neuroactive compounds .....	46
4.4.2 Effects of physical factors .....	48
Chapter 5 Asexual reproduction of <i>Mycale phyllophila</i> .....	51
5.1 Introduction .....	51
5.2 Materials and methods.....	51
5.2.1 Growth experiment of sponge tissues .....	51
5.3 Results .....	52
5.3.1 Tissue cultivation of sponge tissues .....	52
5.4 Discussion.....	54
General conclusions and perspectives .....	58
References.....	60
Projects and publications .....	67
Acknowledgements.....	68



## 摘要

叶片山海绵(*Mycale phyllophila*)隶属于寻常海绵纲(Demospongiae), 繁骨海绵目(Poecilosclerida), 山海绵科(Mycalidae), 山海绵属(*Mycale*), 在福建东南沿岸具有比较广泛的分布。前期的研究显示, 该海绵体内含有大量的生物碱以及甾醇类, 具有很高的核受体活性, 是潜在的重要药源生物。为了避免在开发该物种的过程中, 海绵的自然资源受到严重破坏, 课题组决定进行先导化合物研究的过程中同时进行其基础生物学的研究, 试图掌握其生活习性, 为后期的大规模养殖奠定基础。因此对叶片山海绵的基础生物学研究显得格外的重要。本文对叶片山海绵早期胚胎发育、幼体释放规律、幼体附着变态、稚体生长以及成体无性生殖等内容进行了相关研究, 主要结果如下:

叶片山海绵是雌雄同体的种类, 卵细胞和精细胞的发育是异步的, 早期卵细胞大小为 30-50  $\mu\text{m}$ , 成熟的卵细胞大小为 300-400  $\mu\text{m}$ ; 精原细胞大小为 14-16  $\mu\text{m}$ , 以精子囊的形式聚集在一起, 精子囊大小为  $97.15 \pm 12.11 \mu\text{m}$ , 精子为椭圆形颗粒, 大小为 3-5  $\mu\text{m}$ 。叶片山海绵行体内受精, 受精卵呈现乳白色球形颗粒状, 大小为 400-500  $\mu\text{m}$ , 集中在孵化室中孵化, 孵化室一般位于大的出水口基部, 胚胎发育过程为不均等分裂; 幼体在体内发育成熟并孵化, 孵化后的幼体顺着出水口排出体外。叶片山海绵生殖周期和海水温度有很大联系, 繁殖期都只出现在水温较高的季节。本研究周期内观察到的叶片山海绵生殖细胞发育的周期为: 卵细胞发育时期在 6 月中旬到 11 月中旬; 精细胞发育的时期为 5 月底到 11 月初; 胚胎发育时期为 6 月中旬到 11 月底; 幼体的释放时期为 7 月初到 10 月底, 11 月海绵体内虽然有胚胎, 但是却收集不到幼体。

叶片山海绵幼体释放时期集中在 7 月到 10 月, 每一天的释放高峰发生在 04:30-08:00, 不同成体幼体释放量差别较大, 实验观察到单株海绵的最大幼体日排放量达到  $1.24 \times 10^4$  个。叶片山海绵幼体附着 7 天后出现明显的出水管, 在实验室培养 40 天后稚体存活率都在 65 % 以上, 稚体大小从最初的 500  $\mu\text{m}$  增长到大约 3 mm。40 天后将海绵稚体移植到海区挂养, 海区挂养 60 天后, 稚体大量死亡, 单个培养皿的最大稚体存活率只有 27.78 %, 但是存活下来的个体生长良好, 200 天后生长直径达到 10 cm。

使用肾上腺素、多巴胺以及 L-多巴三种神经递质激素进行叶片山海绵幼体附着变态的研究,结果显示三种神经递质对叶片山海绵幼体具有一定的毒性,不适合作为诱导剂用于叶片山海绵幼体附着变态;研究了光照、附着基以及盐度等物理因子对叶片山海绵幼体附着变态的影响,结果显示叶片山海绵具有负趋光性,倾向于在黑暗的环境中附着变态,粗糙材质的附着基利于幼体的附着,叶片山海绵幼体附着适合的盐度为 35。

使用绳子夹住海绵组织块挂养的方式针对于叶片山海绵的增殖可行性很高。挂养三个月内,组织块的存活率达到了 100%,挂养早期组织块主要沿绳子方向横向生长,而后期才开始纵向生长。因此推测,叶片山海绵采取早期占据一定生长空间,后期再纵向生长的策略生长。后期由于敌害生物以及水质的影响,导致部分组织块死亡,养殖组织块存活率下降。最后由于温度的下降,导致挂养组织块全部死亡,因此推测,叶片山海绵的无性繁殖受温度影响很大。

**关键词:** 叶片山海绵; 胚胎发育; 幼体; 稚体; 附着变态; 无性增殖

## Abstract

*Mycale (Mycale) phyllophila* Hentschel, 1911 (Demospongiae, Poecilosclerida, Mycalidae) is one of the most widespread littoral sponge in Dongshan Bay and Fotan Bay in Fujian Province. Some preliminary research on bioactive compounds in our research group suggested that *M. phyllophila* could be a significant source for pharmaceutical industry, due to the richness of alkaloid and sterols, as well as the highly activities of nuclear receptor. Our research group decided to carry on the study of basic biology along with lead compound research in case of the natural sponge resources destruction in the process of exploitation. The creative study process made it possible to observe the living habit which could be the foundation of large-scale cultivation. Thus, biological researches on *M. phyllophila* are valuable and necessary. The present study focused on the embryonic development, larvae release characteristics, larval settlement and metamorphosis, growth of juveniles and adult asexual reproduction of *M. phyllophila*.

The results suggested that, *M. phyllophila* was a hermaphroditic species, and oogenesis and spermatogenesis were asynchronous. The primary oocytes measured 30-50  $\mu\text{m}$  in diameter, while the mature ones could reach the size of 300-400  $\mu\text{m}$  by engulfing the nurse cells around them. Spermatogonia were 14-16  $\mu\text{m}$  big and gathered together inspermatic cysts at the size of  $97.15 \pm 12.11 \mu\text{m}$ . The sizes of sperms ranged from 3 to 5  $\mu\text{m}$  with oval grainy shape. The zygotes were spherical, milky white and measured about 400-500  $\mu\text{m}$  in diameter and incubated in the brood chambers which usually situated at the base of the big osculum. Divisions during the embryonic development were unequal. The larvae were matured in the brooding adult before they released from the osculum. The reproduction cycles of *M. phyllophila* were affected by water temperature to a large extent, and the reproduction periods always started in the season at a relatively higher water temperature. In this research, we found that oogenesis and embryogenesis lasted from mid-June to November, and spermatogenesis started in the end of May and lasted to the early November while the larvae release happened from early July to the end of October. Even though we could see the embryos in the sponges in November, no larvae were observed at all.

The larvae release of *M. phyllophila* was found mainly from July to October during the year, while the larvae released most at 04:30-08:00 of the day. The amounts of larvae release were different among individuals. The largest release amount was  $1.24 \times 10^4$  observed within one individual a day. *M. phyllophila* juveniles developed an obvious osculum in seven days after attachment. The survival rates of juveniles were above 65 % after 40 days' culture in lab. The sizes of juveniles changed from 500  $\mu\text{m}$  to 3 mm. The juveniles which were cultured in lab were transplanted at sea after 40 days. After being cultured at sea for 60 days, the mortality of juveniles was very high, and the largest survival rate of juveniles was only 27.78 % in a single petri dish. Fortunately, the survived individuals all grew well and reached 10 cm in diameter after 200 days' growth.

The examination on the effects of L-3,4-dihydroxyphenylalanine (L-DOPA), epinephrine and dopamine on larval settlement and metamorphosis of *M. phyllophila* suggested that all the compounds were not appropriate inducers for larval settlement and metamorphosis in *M. phyllophila* because they were more or less toxic to the sponge larvae. We researched the effects of some specific physical factors on larval settlement of *M. phyllophila*, including light (illumination) intensity, substrate types and salinity. The results demonstrated that the larvae were photophobic to light and preferred to settle in the dark. Compared to the smooth sheets, larvae preferred to settle on the relatively rough ropes. The appropriate concentration of salinity was 35.

It may be an effective way to increasing proliferation of *M. phyllophila* issues by culturing at sea (with ropes)., for the recent experiment provided a good example of culturing sponge tissues for 3 months at the survival rate of 100 %. The tissues grew laterally in the early stage while changed to longitudinally in later period. But some tissues partially died because of enemies as well as water quality and totally died after the temperature dropped. As a result, we hold the point of view that the asexual reproduction of *Mycale phyllophila* is greatly influenced by temperature.

**Key Words:** *Mycale phyllophila*; embryonic development; larvae; juveniles; settlement and metamorphosis; asexual reproduction

## 第一章 绪论

海绵动物是最原始的多细胞动物,由于体壁和中央腔内具有无数的小孔以及管道,因此又称为多孔动物。此类动物在分类系统上单独成为一门,称为多孔动物门(Porifera)。随着研究的不断深入,海绵动物逐渐受到科学家的关注。主要是因为其含有丰富的活性物质,如生物碱类、萜类、甾醇类等。并且研究发现相当一部分的活性物质具有显著的抗菌、抗肿瘤以及抗病毒等活性。

### 1.1 海绵动物的生物学特性研究

海绵动物体壁由内外两层细胞构成。外层细胞主要是紧密排列的扁平细胞(pinacocytes),起保护作用,内层为胃层(gastral epithelium),内外两层之间是中胶层(mesoglea)。中胶层中含有一系列的细胞,如造骨细胞(scleroblast)、腺细胞(gland cell)、原细胞(archeocyte)以及变形细胞(amoebocyte)等。海绵动物的骨骼有骨针(spicule)及海绵丝(sponginfiber),它们主要散布在中胶层中,有些突出体表或者构成网架结构。海绵骨骼通过一定的连接方式连接在一起形成海绵骨架结构,具有支撑以及保护身体的功能。根据海绵骨针的组成成分不同可以分为硅质骨针以及钙质骨针。骨针按照其大小又可分为大骨针(megasclere)、小骨针(microsclere)。从形态上骨针又可以分为单轴骨针(monaxons)、四轴骨针(tetraxons)、三轴骨针(triaxons)以及多轴骨针(polyaxons)<sup>[1]</sup>。不同种类的海绵,各种骨针或彼此分离,或者按照一定的结构形成网架架构以支撑整个身体,因此,可以根据海绵骨针的种类、形态、数量以及排列方式对海绵种类进行鉴定和分类。

海绵动物形态各异,有些具有比较明确的形态,如球状、杯状、筒状等。然而,多数的海绵具有不规则的形态结构,如块状、披覆状等。海绵动物颜色多样,多数海绵具有比较明亮的颜色,如黄色、红色、橘黄色、紫色、蓝色、绿色等,少数海绵呈现白色、灰色。海绵呈现不同颜色的原因主要是由于体内含有不同色素,另外共生藻类的颜色以及环境条件也影响了海绵种类的体表颜色。海绵动物大小不一,小个体的海绵只有几毫米,而个体较大的海绵可以达到两米的长度。海绵动物具有特有的水沟系(canal system),根据构成海绵动物体壁的两层细胞折叠程度的不同可以分为单沟型(ascon type)、双沟型(sycon type)以及复沟型(leucon

type)三种<sup>[1, 2]</sup>。水沟系是海绵摄食、呼吸、排泄等生命活动的主要通道,这对海绵动物的固着生活意义重大。水流通过水沟系系统进入海绵体内,可以带进食物以及氧气,并且可以带走代谢废物和海绵动物的生殖细胞等,这就使得海绵动物能够完成生长、发育以及繁殖。Reiswig 曾观察过一种荔枝海绵(*Tethya crypta*),是一种复沟型的寻常海绵纲的海绵,每立方厘米体积的海绵每秒钟水流通过的体积为  $0.18 \text{ cm}^3$ ,氧气的传输效率为  $22.8 \text{ L/cm}^3\text{O}_2$ <sup>[3]</sup>。

海绵动物分布广泛,从沿岸浅海到深海,从海水到淡水都有海绵种类的分布。大多数的海绵种类生活在海水中,主要分布在亚热带以及热带海域。少部分的海绵种类生活在淡水中,主要分布在世界各地水环境较清洁的淡水湖泊、河流、池塘、沼泽等地。

## 1.2 海绵动物的研究价值

海绵动物是最原始的多细胞动物,在分类系统上单独成一支。海绵动物体内具有大量的硅质骨针,并且体内具有大量的共生微生物,也正是由于海绵具有这些特点,因此,海绵动物在研究生物共生、活性物质等方面具有很大的潜在研究价值。

### 1.2.1 海绵动物骨针特性研究

海绵骨针是海绵动物的骨骼,起到支撑以及保护海绵动物身体的作用。根据构成海绵骨针的成分不同,可以将海绵骨针分为钙质、硅质以及海绵蛋白,根据海绵骨针大小又可以将其分为大骨针和小骨针。具有骨针的种类,海绵通过骨针相互之间特定的连接形成海绵的骨架。大家所熟知的是一种深海海绵(*Euplectella aspergillum*),称为“偕老同穴”,其建造结构精美绝伦,被世人誉为“维纳斯花篮”(Venus' Flower Basket)<sup>[4]</sup>。海绵骨针外表光亮,晶莹剔透,是海绵分类的重要依据,随着研究的深入,近年来科学家慢慢揭示了海绵骨针的内部细微结构,提出了很多令人惊叹的发现。

早在 20 世纪 70-80 年代,科学家就对海绵骨针内部进行了细微的研究,并且发现了海绵骨针内部其实具有轴丝的结构<sup>[5, 6]</sup>。海绵骨针的外部主要是由不定

型的二氧化硅组成,而其内部其实是一种有机的硅蛋白轴丝,许多研究中使用氢氟酸溶液溶解骨针的外部的硅质层从而获得内部的蛋白丝<sup>[7-9]</sup>。虽然使用氢氟酸溶液能很好的将二氧化硅去除同时暴露硅蛋白轴丝,但是在使用氢氟酸的过程中,也能够使硅蛋白轴丝发生结构的变化,因此也有使用将骨针研磨的方式去除表层从而获得内部硅蛋白轴丝<sup>[10]</sup>。Aizenberg 等人<sup>[11]</sup>使用电子扫描电镜(SEM)的方法研究了一种深海的海绵(*Euplectella* sp.)的整个骨针结构,结果发现了一根根的海绵骨针其实是由一层层的同心圆硅质层以及有机质芯构成的。通过进一步的研究发现,围绕中心轴丝的外部硅质层分成7级结构,每一级都是由纳米硅有序排列形成的。这7级结构以中心轴丝为中心,缠绕外部形成。这种机制下形成的海绵骨针克服了玻璃物质的脆性,具有较大的硬度以及很好的稳定性。另一方面,Weaver 等人<sup>[12]</sup>使用 SEM 和原子力显微镜(AFM)的方法分析了一种寻常海绵纲海绵的生物硅骨针的环形结构,结果显示,这种骨针也是由纳米颗粒逐级形成。另外使用了核磁共振(NMR)的方法研究了不同温度条件下骨针的腐蚀敏感性,从结果中可以看出,骨针的耐腐蚀性主要是和硅纳米颗粒聚集程度的不同有关。因此,纳米颗粒形成的海绵骨针具有很多优良的特性。

另外一方面,海绵骨针由于其具有类似于光纤的光学性质而备受大家关注。早在1994年,Gaino 等人<sup>[13]</sup>就发现在荔枝海绵(*Tethya seychellensis*)体内具有一种藻类,这种藻类缠绕海绵的辐射型骨架从里到外一直生长到海绵的中心部位。通过研究发现,这种藻类可以利用海绵骨针作为获得光照来源的管道,这种情况下的骨针就类似于一种现代化的光纤系统。21世纪初,美国贝尔实验室 Sundar 等人<sup>[14]</sup>更加系统的研究了一种深海海绵 *Euplectella* sp.的骨针的光学性能及其结构之间的关系。发现其光导性能非常类似于商业光纤的性能,可以有效的连接光纤网络。德国的 Muller 等人<sup>[15]</sup>根据海绵骨针的特殊分层结构,将一束激发光成功的从一种六放海绵纲海绵 *Hyalonema sieboldi* 的骨针的一端传导到了另一端,从而证实了骨针的光导性能。

在硅含量不高的海水中,海绵动物这种生物能够吸收海水中的硅用于形成如此复杂的硅结构的骨针为自己所用,其自身必定有一套不同寻常的机制。这种具有复杂结构的骨针毋庸置疑是科学家梦寐以求的先进纳米材料。如果能够很好的加以利用,那将是人类史上一大进步。因此,对于海绵骨针复杂结构以及其内部

形成机制的研究至关重要。它不仅能够帮助我们了解到这一种生物如何利用这一种复杂的结构用于生存和环境的适应,还可能有助于我们发现一种新材料的加工理念。另一方面,硅质的骨针又具有很好的光导性能,可以作为一种光纤材料为人们所用。因此,从两方面来考虑,海绵骨针对于研制和开发新型材料都具有重大的潜在指导意义,将海绵骨针的研究提上日程多多益善。

### 1.2.2 海绵动物活性物质

随着陆地资源的不断开发,对生物活性发现的可能性也随之减少,各国研究者也将目光转移到对海洋生物活性物质的研究。在众多的海洋生物中,海绵动物活性物质的研究倍受国内外学者的青睐。在对海绵动物的研究中也发现了许多的生物活性物质。海绵动物生物活性物质具有天然高分子的普遍特点:多聚物、成环、具有高饱和度等特点。常见的海绵种类的生物活性物质有萜类、半萜类、甾醇类、生物碱类、神经酰胺类、大环内酯类以及多肽类<sup>[16-21]</sup>。并且这些天然活性物质大多数结构新颖,许多在陆地生物中从未发现。

海绵动物体内生物活性物质丰富,并且相当一部分具有显著的生物活性,如抗病毒功能、抗肿瘤功能、抗菌功能、酶抑制剂功能等。早在 1978 年, Carter 等人<sup>[22]</sup>就从采自于加利福尼亚湾的火红色的海绵 *Acarinus erithacus* 中提取出一种胍基衍生物阿卡尼丁,这种化合物具有特殊的结构,研究发现这种化合物具有抗病毒以及抗菌活性。抗菌抗病毒活性的生物碱类物质也在海绵中大量发现。1999 年 De Marino 等人<sup>[23]</sup>在海绵 *Corticium* sp.中发现了五种甾体生物碱,并且使用光谱等技术结合对这些物质的结构进行了分析。通过体外病毒测试,显示出有三种化合物具有轻微的抗病毒活性。同年,三种新的具有抗菌活性的生物碱也在一种海洋海绵 *Stelletta* sp.中被发现<sup>[24]</sup>。从海绵中提取出的具有抗癌活性的活性物质也有很多, Reddy 等人<sup>[25]</sup>从海绵 *Dendrilla cactos* 中提取出 8 种具有抗癌活性的生物碱 bastadin(1-8); 一种名为 ilimaquinone 的海绵代谢物被研究证实具有抗肿瘤的活性<sup>[26]</sup>。有关海绵活性物质的研究很多,涉及到的海绵种类也很丰富。海绵动物体内具有多种活性物质种类可能与其特殊的生理结构和代谢方式有关。但是由于自然资源有限,要对海绵进行进一步的开发需要大量的海绵生物量,这势必对自然资源造成严重的破坏。



Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to [etd@xmu.edu.cn](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.

廈門大學博碩士論文摘要庫