

学校编码: 10384

分类号_____

学号: 21620121152370

密级__UDC _____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

中国沿海骨条藻种类多样性, 地理分布与季节变化的研究

Diversity, geographical distribution and seasonal variation of *Skeletonema* (Bacillariophyta) in the coastal waters of China

刘洋

指导教师姓名: 陈宝红副教授, 高亚辉教授

专业名称: 水生生物学

论文提交日期: 2015年4月

论文答辩时间: 2015年5月

学位授予日期: 2015年 月

答辩委员会主席:

评 阅 人: _____

2015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

目 录

摘 要.....	I
Abstract.....	II
第一章 前 言	1
1.1 硅藻主要特征及其分类研究	1
1.1.1 硅藻的主要特征	1
1.1.2 硅藻的分类研究	2
1.2 骨条藻形态特征及其分类研究	3
1.2.1 骨条藻形态特征概述	3
1.2.1.1 骨条藻科 (<i>Skeletonemaceae</i>) 形态特征概述	3
1.2.1.2 骨条藻属 (<i>Skeletonema</i> Greville) 形态特征概述	3
1.2.1.3 骨条藻 (<i>Skeletonema</i>) 形态特征概述	4
1.2.2 骨条藻多样性国内外研究的历史和进展	7
1.2.2.1 骨条藻多样性国内外研究的历史	7
1.2.2.2 骨条藻多样性国内外研究的进展	8
1.3 13 种骨条藻的形态学描述	10
1.3.1 中肋骨条藻 (<i>S. costatum</i>)	10
1.3.2 多恩骨条藻 (<i>S. dohrnii</i>)	10
1.3.3 玛氏骨条藻 (<i>S. marinoi</i>)	10
1.3.4 曼氏骨条藻 (<i>S. menzelii</i>)	11
1.3.5 拟中肋骨条藻 (<i>S. pseudocostatum</i>)	11
1.3.6 敏盐骨条藻 (<i>S. subsalsum</i>)	11
1.3.7 热带骨条藻 (<i>S. tropicum</i>)	12
1.3.8 日本骨条藻 (<i>S. japonicum</i>)	12
1.3.9 格里斯骨条藻 (<i>S. greathe</i>)	12
1.3.10 桂式骨条藻 (<i>S. grevillei</i>)	12
1.3.11 亚当斯骨条藻 (<i>S. ardens</i>)	13
1.3.12 江河骨条藻 (<i>S. potamos</i>)	13
1.3.13 细柱骨条藻 (<i>S. cylindraceum</i>)	13

1.4 中国海域的基本情况	13
1.4.1 渤海	14
1.4.2 黄海	14
1.4.3 东海	14
1.4.4 南海	14
1.5 骨条藻的地理和季节全球分布概况	15
1.6 中国沿海骨条藻的研究意义	22
第二章 材料与方法	23
2.1 实验材料	23
2.1.1 水样的采集	23
2.1.2 实验仪器及常用试剂	25
2.1.2.1 实验仪器	25
2.1.2.2 常用溶剂配置	25
2.2 实验方法	26
2.2.1 样品的浓缩	26
2.2.2 藻株的分离和纯化	26
2.2.3 藻细胞单克隆培养	26
2.2.4 藻株常规培养	27
2.2.5 样品观察与计数	27
2.2.5.1 样品的光镜观察	27
2.2.5.2 电镜样品的处理和观察	27
第三章 结果	28
3.1 中国沿海9种骨条藻形态学概述	28
3.1.1 热带骨条藻 (<i>S. tropicum</i>)	28
3.1.2 曼氏骨条藻 (<i>S. menzelii</i>)	30
3.1.3 玛氏骨条藻 (<i>S. marinoi</i>)	31
3.1.4 多恩骨条藻 (<i>S. dohrnii</i>)	37
3.1.5 亚当斯骨条藻 (<i>S. ardens</i>)	41
3.1.6 中肋骨条藻 (<i>S. costatum</i>)	44
3.1.7 敏盐骨条藻 (<i>S. subsulsum</i>)	48

3.1.8 桂式骨条藻 (<i>S. grevillei</i>)	49
3.1.9 拟中肋骨条藻 (<i>S. pseudocostatum</i>)	51
3.1.10 中国沿海 9 种骨条藻种类检索表	53
3.2 中国四大海域近海骨条藻分布情况	54
3.2.1 渤海海域骨条藻种类及其细胞数量	54
3.2.2 黄海海域骨条藻种类及其细胞数量	61
3.2.3 东海海域骨条藻种类及其细胞数量	67
3.2.3.1 宁波市渔业码头	67
3.2.3.2 厦门市厦门港	71
3.2.4 南海海域骨条藻种类及其细胞数量	78
3.2.4.1 深圳市西涌沙滩	78
3.2.4.2 香港吐露港	83
3.2.4.3 海口市海口湾	87
3.3 厦门港, 福建沿海和中国沿海骨条藻四个季节的分布概况	99
3.3.1 厦门港骨条藻种类和细胞数量季节变化	99
3.3.2 中国福建沿海骨条藻种类和细胞数量季节变化	100
3.3.3 中国沿海骨条藻种类和细胞数量季节变化	104
第四章 讨论	113
4.1 中国沿海 9 种骨条藻种类及其形态比较	113
4.1.1 中国沿海骨条藻种类	113
4.1.2 中国沿海 9 种骨条藻的形态学比较	113
4.2 中国沿海 9 种骨条藻的生物地理学概况	118
4.2.1 中国沿海 9 种骨条藻的地理和季节分布	118
4.2.2 中国沿海骨条藻细胞数量的周年变化	123
第五章 总结与展望	125
5.1 总结	125
5.2 展望	126
参考文献	127

攻读硕士期间参与的科研课题及发表论文 137

致谢..... 138

厦门大学博硕士论文摘要库

Contents

Abstract in Chinese.....	I
Abstract.....	II
Chapter 1. Introduction.....	1
1.1 The main characters and taxonomic studies of diatom	1
1.1.1 The main characters of diatom.....	1
1.1.2 The taxonomic studies of diatom.....	2
1.2 The morphology characters and taxonomic studies of <i>Skeletonema</i>.....	3
1.2.1 The overview of <i>Skeletonema</i> morphology characters	3
1.2.1.1 The overview of Skeletonemaceae morphology characters	3
1.2.1.2 The overview of <i>Skeletonema</i> Greville morphology characters	3
1.2.1.3 The <i>Skeletonema</i> morphology characters	4
1.2.2 The research history and progress of <i>Skeletonema</i> diversity in China and abroad.....	7
1.2.2.1 The research history of <i>Skeletonema</i> diversity in China and abroad	7
1.2.2.2 The research progress of <i>Skeletonema</i> diversity in China and abroad.....	8
1.3 The morphology description of 13 <i>Skeletonema</i> species.....	10
1.3.1 The morphology description of <i>S.costatum</i>	10
1.3.2 The morphology description of <i>S.dohrnii</i>	10
1.3.3 The morphology description of <i>S.marinoi</i>	10
1.3.4 The morphology description of <i>S.menzelii</i>	11
1.3.5 The morphology description of <i>S.pseudocostatum</i>	11
1.3.6 The morphology description of <i>S.subsalsum</i>	11
1.3.7 The morphology description of <i>S. tropicum</i>	12
1.3.8 The morphology description of <i>S.japonicum</i>	12
1.3.9 The morphology description of <i>S.greathe</i>	12
1.3.10 The morphology description of <i>S.grevillei</i>	12
1.3.11 The morphology description of <i>S.ardens</i>	13
1.3.12 The morphology description of <i>S.potamos</i>	13

1.3.13 The morphology description of <i>S.cylindraceum</i>	13
1.4 The basic situations of the costal waters in China	13
1.4.1 The basic situations of the Bohai Sea	14
1.4.2 The basic situations of the Yellow Sea	14
1.4.3 The basic situations of the East China Sea	14
1.4.4 The basic situations of the South China Sea	14
1.5 The global distribution in space and time of <i>Skeletonema</i>	15
1.6 The significance of study of <i>Skeletonema</i> in China coastal waters	22
Chapter 2. Material and methods	23
2.1 Material	23
2.1.1 Samples collected	23
2.1.2 Instruments and Reagents	25
2.1.2.1 Instrument	25
2.1.2.2 Solution preparation	25
2.2 Methods	26
2.2.1 Samples concentrated	26
2.2.2 Alage separation	26
2.2.3 Strains monoclonal cultivation	26
2.2.4 Strains cultivation	27
2.2.5 Sample observation	27
2.2.5.1 Sample observation in LM	27
2.2.5.2 Sample observation in EM	27
Chapter 3. Results	28
3.1 The morphology description of 9 <i>Skeletonema</i> species in China coastal waters	28
3.1.1 The morphology description of <i>S.tropicum</i>	28
3.1.2 The morphology description of <i>S.menzelii</i>	30
3.1.3 The morphology description of <i>S.marinoi</i>	31
3.1.4 The morphology description of <i>S.dohrnii</i>	37
3.1.5 The morphology description of <i>S.ardens</i>	41
3.1.6 The morphology description of <i>S.costatum</i>	44

3.1.7 The morphology description of <i>S.subsalsum</i>	48
3.1.8 The morphology description of <i>S.grevillei</i>	49
3.1.9 The morphology description of <i>S.pseudocostatum</i>	51
3.1.10 The taxa key to 9 <i>Skeletonema</i> species in China coastal waters.....	53
3.2 The distribution of <i>Skeletonema</i> in four sea areas along the coast of China	54
3.2.1 The species and cell abundance in the the Bohai Sea.....	54
3.2.2 The species and cell abundance in the Yellow Sea	61
3.2.3 The species and cell abundance in the East China Sea.....	67
3.2.3.1 Ningbo Dock	67
3.3.3.2 Xiamen Harbour.....	71
3.2.4 The species and cell abundanc the South China Sea	78
3.2.4.1 Shenzhen Beach	78
3.2.4.2 Tolo Harbour in Hong Kong.....	83
3.2.4.3 Haikou Bay.....	87
3.3 The distribution of <i>Skeletonema</i> in four seasons along the coast of Xiamen, Fujian and China	99
3.3.1 The species and cell abundance in four seasons of Xiamen Harbour.....	99
3.3.2 The species and cell abundance in four seasons along the Fujian coastal waters	100
3.3.3 The species and cell abundance in four seasons along the China coastal waters.....	105
Chapter 4. Conclusions and prospectives	114
4.1 The morphology comparison of 9 <i>Skeletonema</i> species in China coastal waters	114
4.1.1 The <i>Skeletonema</i> species in China coastal waters.....	114
4.1.2 The morphology comparison of 9 <i>Skeletonema</i> species in China.....	114
4.2 The biogeography of 9 <i>Skeletonema</i> species in China coastal waters	119
4.2.1 The distribution in time and space of 9 <i>Skeletonema</i> species in China coastal waters	119
4.2.2 The annual variation of cell abundance of 9 <i>Skeletonema</i> species in China coastal	123
Chapter 5. Conclusions and prospectives	125

5.1 Conclusions	125
5.2 Prospectives	126
References	127
Projects	137
Acknowledgements	138

厦门大学博硕士论文摘要库

摘要

骨条藻(*Skeletonema*)是一类广泛分布的浮游硅藻,大量繁殖可引起赤潮和水华。以往对我国近海骨条藻的研究,绝大多数都是以中肋骨条藻(*S.costatum*)为主,种类单一,且研究的地理范围和季节性不够全面和系统,对其生态特征尚不明确。

本研究从2013年10月至2015年1月按每个季度对渤海、黄海、东海和南海四大海域的七个站点进行水样采集,应用光学显微镜和电子显微镜技术对分离纯化的株系和固定样品进行了形态学观察和细胞计数。共鉴定出9种骨条藻,分别为热带骨条藻(*S.tropicum*),曼氏骨条藻(*S.menzelii*),玛氏骨条藻(*S.marinoi*),多恩骨条藻(*S.dohrnii*),亚当斯骨条藻(*S.ardens*),中肋骨条藻(*S.costatum*),敏盐骨条藻(*S.subsulsum*),桂式骨条藻(*S.grevillei*)和拟中肋骨条藻(*S.pseudocostatum*)。

本文详细描述了我国沿海存在的9种骨条藻的形态特征,并提供了每个种的光镜和电镜照片,通过对形态特征归纳总结,与之前的研究进行比较,进一步在形态学上对这9种骨条藻进行区分,编写其分类检索表,并首次发现中肋骨条藻链间支持突外管有部分裂开的情况,而不是完全裂开的单一形态。

本文对中国沿海骨条藻地理分布和季节分布情况的研究结果表明,我国沿海骨条藻数量的周年变化趋势为,春夏季较低分别为 1.3×10^4 个/L和 1.7×10^4 个/L,缓慢上升至秋季达到最高 4×10^4 个/L,冬季开始下降至 3.8×10^4 个/L。本文同时对我国沿海骨条藻和全球骨条藻的地理分布进行了总结和对比研究,发现我国沿海骨条藻的生态分布特征与全球骨条藻的分布生态特征基本一致,在黄渤海海域骨条藻种类较相似,除广温种的中肋骨条藻外,其他多为偏暖水种的玛氏骨条藻和多恩骨条藻;东海海域骨条藻种类较多为7种,且全年平均细胞密度较大可达 3.9×10^4 个/L,亚当斯骨条藻仅在该海域夏季出现;南海海域分布的骨条藻种类为偏热带和亚热带类型的热带骨条藻和拟中肋骨条藻,玛氏骨条藻,多恩骨条藻和中肋骨条藻为我国沿海骨条藻的共同优势种。

本文通过对中国沿海骨条藻生态习性和地理、季节分布特征的描述,不仅扩大了多种骨条藻在我国沿海的分布范围,而且证实了骨条藻在我国沿海水域不论是在种类上,还是地理和季节上分布都有极大的多样性。本研究为我国沿海甚至全球的骨条藻种类多样性和地理分布研究提供了基础性资料,也为由其引发赤潮的预防研究提供科学依据。

关键词: 骨条藻 多样性 形态学 生物地理分布 周年变化

厦门大学博硕士论文摘要库

Abstract

Skeletonema is a worldwide distributed planktonic diatom, which blooms can lead to algal bloom or so called red tide. In the previous studies of *Skeletonema* along the coastal waters of China, the researchers usually focused only on the individual species *Skeletonema costatum*, and the species diversity and geographic, seasonal distribution of *Skeletonema* in China were not comprehensive. In this study, water samples were collected, quarterly from seven sites in the Bohai Sea, the Yellow Sea, the East China Sea and the South China Sea, from October, 2013 to January, 2015. Morphological observation and cell enumeration were made under Light Microscope and Electron Microscopy with samples both from field waters and monospecies cultures in laboratory

In total, nine *Skeletonema* species were identified, which were *S.tropicum*, *S.menzelii*, *S.marinoi*, *S.dohrnii*, *S.ardens*, *S.costatum*, *S.subsalsum*, *S.greville* and *S.pseudocostatum*. This paper minutely described the morphological characteristics of the nine *Skeletonema* species with LM and EM images of them. Comparing with the previous studies, we further distinguished them in morphology, and found that the intercalary fulcra processes of *S.costatum* were partly closed, not split completely.

In the study of the geographical distribution and seasonal variation, it was found that the cell density of *Skeletonema* was increasing slowly in Spring(1.3×10^4 cells/L) and Summer(1.7×10^4 cells/L), then reached the highest in Autumn(4×10^4 cells/L), and in Winter began to decline(3.8×10^4 cells/L). Comparing the distribution of *Skeletonema* species in the coastal waters of China with its distribution in the world, we found that the geographical distribution of *Skeletonema* species was basically the same. There were *S.marinoi*, *S.dohrnii* and *S.costatum* in the Bohai Sea and the Yellow Sea. In the East China Sea, the *Skeletonema* species numbers(seven species),

and their cell density (3.9×10^4 cells/L) were both higher than other sea areas in China, and *S.ardens* was observed only available in the East China Sea. *S.tropicum* and *S.pseudocostatum* as tropical and subtropical species were more abundant and were mostly collected in the South China Sea. According to our studies on spatial and seasonal distribution of *Skeletonema* species, it can be concluded that *S.marinoi*, *S.dohrnii* and *S.costatum* were dominant *Skeletonema* species in China sea.

This study has not only expanded the distribution area information of *Skeletonema* species in China, but also confirmed a great species diversity of *Skeletonema* in the coastal waters of China, which was scientific basis for the researches on *Skeletonema* and the prevention of its red tide in China or globally.

Key words: *Skeletonema*; morphology; diversity; biogeography; annual variation

第一章 前言

浮游植物是海洋中的初级生产者和食物链的基础环节，在全球气候变化、海洋渔业资源和海洋生态系统的平衡中有着不可或缺的作用。浮游植物的分布与海洋环境之间有着十分密切的关系，浮游植物物种分布的变化对环境的变化具有指示作用^[1]，同时环境条件的改变也直接或间接地影响到浮游植物的群落结构。了解某一海域浮游植物的种群结构、细胞数量分布和浮游植物藻种种群的季节变化，可为开发利用该水域的生物资源、研究海洋环境提供基础资料^[2]。

1.1 硅藻主要特征及其分类研究

浮游硅藻是我国沿岸的主要浮游植物，具有色素体的单细胞植物，细胞壁富含硅质，数量的多少是海区初级生产力的一个主要指标，它是海洋一切水生动物，特别是幼体的直接或间接饵料，是食物链不可缺少的基本环节^[3]。硅藻门类种多、量大、分布广（除空气和沙漠外以外，几乎各种环境都有硅藻的存在），在藻类中占重要地位。它们是水域生物资源的基础生产者，还可作为水域污染程度及海流移动的指示种，其生长周期短，易于进行人工控制培养，又可用于喂养水生动物幼体的生产以及水生生物学基础理论研究的良好材料。此外，它们在法医学、微体古生物学和测定地层等方面也有重要作用。因此硅藻门分类研究不仅在生物系统演化上有重要意义，而且也是研究上述各学科的必要基础^[4]。

1.1.1 硅藻的主要特征

硅质壳分为上壳（epitheca）和下壳（hypotheca）。上壳来自母细胞，由上壳面（epivalve）和上壳环（epicingulum）组成；下壳来自细胞分裂后的子细胞。由下壳面（hypo valve）和下壳环（hypocingulum）组成。从细胞的对称状况来讲，每个细胞有三个轴，纵轴（apical axis），横轴（transpical axis）和壳环轴（perivalvar axis）。不同硅藻的硅质壳面形状变化很大，有多种构造：壳缝，肋，眼点，突起，船骨突，节间带等。根据这些构造的不同，对硅藻进行形态学上的分类^[5]。

Degree papers are in the “[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)”.

Fulltexts 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 for delivery details.