

学校编码: 10384
学号: 200434047

分类号 _____ 密级 _____
UDC _____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

深圳红树林区浮游植物时空分布及优势种
对营养盐限制和恢复的响应

**Spatial and Seasonal Distribution of Phytoplankton in
Futian Mangroves of Shenzhen and Response of Dominant
Taxa to Nutrients Limitation and Nutrients Recovery**

王 雨

指导教师姓名: 卢昌义 教授

专业名称: 环境科学

论文提交日期: 2007 年 4 月

论文答辩时间: 2007 年 6 月

学位授予日期: 2007 年 月

答辩委员会主席: 陈孝麟 教授

评 阅 人: 陈孝麟 教授

叶 勇 教授

2007 年 4 月

厦门大学学位论文原创性声明

兹呈交的学位论文，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的其他个人或集体的研究成果，均在文中以明确方式标明。本人依法享有和承担由此论文而产生的权利和责任。

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人完全了解厦门大学有关保留、使用学位论文的规定。厦门大学有权保留并向国家主管部门或其指定机构送交论文的纸质版和电子版，有权将学位论文用于非赢利目的的少量复制并允许论文进入学校图书馆被查阅，有权将学位论文的内容编入有关数据库进行检索，有权将学位论文的标题和摘要汇编出版。保密的学位论文在解密后适用本规定。

本学位论文属于

1. 保密（ ），在年解密后适用本授权书。
2. 不保密（ ）

（请在以上相应括号内打“√”）

作者签名： 日期： 年 月 日

导师签名： 日期： 年 月 日

厦门大学博硕士学位论文摘要库

目 录

摘 要	I
Abstract	IV
第 1 部分 深圳福田红树林区浮游植物时空分布的生态监测	1
第 1 章 引言	1
1.1 浮游植物概述	1
1.2 浮游植物研究综述	2
1.3 红树林区浮游植物研究进展及意义	3
1.4 本研究的目的和主要内容	7
第 2 章 材料和方法	8
2.1 站位概况	8
2.1.1 地理位置	8
2.1.2 气候条件	9
2.1.3 水文条件	9
2.1.4 生态环境污染情况	9
2.1.5 红树植物的区系成分	10
2.1.6 浮游植物采样站位	10
2.2 采样时间	11
2.3 浮游植物采样分析方法	11
2.3.1 浮游植物调查研究方法	11
2.3.2 浮游植物叶绿素a表征生物量	12
2.4 关键水质因子测定方法	13
2.5 浮游植物群落结构特征指数	14
2.6 浮游植物与关键水质因子相关关系分析	14
2.7 主要仪器设备	14
第 3 章 结果和分析	15
3.1 采样站位主要理化因子状况	15
3.1.1 深圳福田红树林区 2005 年度常规水质监测报告	15
3.1.2 深圳福田红树林区关键水质因子的时空变动	19
3.2 浮游植物的时空分布特征	22

3.2.1 浮游植物的种类组成	22
3.2.2 浮游植物种类组成的时空变化	29
3.2.3 浮游植物密度和生物量的时空变化	31
3.2.4 浮游植物优势类群的时空变化	33
3.2.5 浮游植物叶绿素a与水体营养化状况	35
3.2.6 浮游植物群落结构特征指数与水体污染类型	36
3.2.7 浮游植物密度、生物量与关键水质因子相关关系	38
第4章 小结和讨论	39
4.1 深圳福田红树林区浮游植物群落的生态学特征	39
4.2 深圳福田红树林区浮游植物主要类群的时空动态	40
4.3 深圳福田红树林区浮游植物群落结构特征指数与水体营养类型的关系	41
第2部分 优势藻种威氏海链藻 (<i>Thalassiosira weissflogii</i>)	43
对营养盐限制的响应和恢复生长研究	43
第5章 引言	43
5.1 威氏海链藻的形态、分布和研究进展	43
5.2 营养盐概述	44
5.3 营养盐与浮游植物的相互关系研究综述	44
5.4 本研究目的与意义	47
第6章 材料和方法	48
6.1 材料	48
6.2 营养盐限制和恢复营养处理	50
6.3 主要仪器设备	51
6.4 主要试剂	51
6.5 生长参数和生化组成成分	52
6.5.1 细胞密度测定	52
6.5.2 藻细胞形态的观察	52
6.5.3 叶绿素a的测定	53
6.5.4 蛋白质含量测定	53

6.5.5 可溶性糖含量的测定	54
6.5.6 POD (过氧化物酶) 活性测定	55
第 7 章 结果和分析	56
7.1 藻种的分离纯化	56
7.2 藻种生长周期的测定	56
7.3 培养介质的营养盐浓度背景	57
7.4 营养盐限制和恢复营养对藻细胞形态的影响	58
7.5 营养盐限制和恢复营养对藻细胞增殖的影响	59
7.6 营养盐限制和恢复营养对叶绿素a含量的影响	61
7.7 营养盐限制和恢复营养对胞内蛋白含量的影响	64
7.8 营养盐限制和恢复营养对胞内可溶性糖含量的影响	66
7.9 营养盐限制及营养恢复对胞内POD活性的影响	69
第 8 章 小结和讨论	69
8.1 威氏海链藻在营养盐限制胁迫和恢复营养中生长状态的变化	69
8.2 威氏海链藻在营养盐限制胁迫和恢复营养中生化组成的变化	71
第 9 章 总 结	72
参考文献	74
致 谢	84
浮游植物附图	86

厦门大学博硕士学位论文摘要库

Content

Abstract in Chinese	I
Abstract in English	IV
Part 1 Ecological monitoring on seasonal and spatial distribution of phytoplankton in Futian Mangroves of Shenzhen	1
Chapter 1 Introduction	1
1.1 Conception of phytoplankton.....	1
1.2 Summarization of study on phytoplankton.....	2
1.3 Progresses and significance of phytoplankton in Mangroves	3
1.4 Main content and purpose of present study.....	7
Chapter 2 Materials and methods	8
2.1 Conditions of sampling stations	8
2.1.1 Geographic position.....	8
2.1.2 Meteorologic conditions	9
2.1.3 Hydrological conditions.....	9
2.1.4 Pollution status	9
2.1.5 Mangroves flora.....	10
2.1.6 Sampling stations of phytoplankton.....	10
2.2 Sampling time.....	11
2.3 Sampling methods of phytoplankton	11
2.3.1 Investigation and study methods of phytoplankton.....	11
2.3.2 Chlorophyll a of phytoplankton biomass	12
2.4 Determination of key water factors.....	13
2.5 Indexes of phytoplankton community's characteristics.....	14
2.6 Correlation of phytoplankton and key water factors	14
2.7 Equipments	14
Chapter 3 Results and analysis	15
3.1 Main ecological factors in sampling stations	15
3.1.1 Report of water quality in Futian Mangroves in 2005.....	15
3.1.2 Seasonal and spatial variation of key water factors in Futian Mangroves.....	19
3.2 Seasonal and spatial distribution of phytoplankton.....	22
3.2.1 Phytoplankton composition	22

3.2.2	Seasonal and spatial variation of phytoplankton taxa	29
3.2.3	Seasonal and spatial variation of density and biomass of phytoplankton	31
3.2.4	Seasonal and spatial variation of phytoplankton dominant taxa	33
3.2.5	Phytoplankton chlorophyll a and water trophication	35
3.2.6	Indexes of community characteristics and water pollution status	36
3.2.7	Correlation of density, biomass of phytoplankton and key water factors	38
Chapter 4 Conclusion and Discussion		39
4.1	Ecological characteristic of phytoplankton community in Futian Mangroves	39
4.2	Characteristic of phytoplankton community's distribution in Futian Mangroves	40
4.3	Relationship of indexes of phytoplankton community's characteristic and water pollution status	41
Part 2 Study on the effect of nutrients limitation and recovery on growth and biochemical composition of <i>Thalassiosira weissflogii</i>		43
Chapter 5 Introduction		43
5.1	Morphology, distribution and studies of <i>Thalassiosira weissflogii</i>	43
5.2	Conception of nutrients	44
5.3	Summarization of studies on correlation between nutrients and phytoplankton	44
5.4	Purpose and significance of present study	47
Chapter 6 Materials and methods		48
6.1	Materials	48
6.2	Treatments of nutrients limitation and nutrients recovery	50
6.3	Equipments	51
6.4	Reagents	51
6.5	Growth parameters and biochemical composition	52
6.5.1	Determination cell density	52
6.5.2	Observation of cell shape	52
6.5.3	Determination of chlorophyll a	53
6.5.4	Determination of intracellular protein	53

6.5.5	Determination of soluble carbohydrate	54
6.5.6	Determination of POD enzyme activity	55
Chapter 7	Results and analysis	56
7.1	Seperation and purification of <i>Thalassiosira weissflogii</i>	56
7.2	Determination of periodic growth of <i>Thalassiosira weissflogii</i>	56
7.3	Backgrounds of nutrients concentrations in medium water	57
7.4	Effect of nutrients limitation and nutrients recovery on cell shape	58
7.5	Effect of nutrients limitation and nutrients recovery on cell reproduction	59
7.6	Effect of nutrients limitation and nutrients recovery on contents of chlorophyll a	61
7.7	Effect of nutrients limitation and nutrients recovery on contents of intracellular protein	64
7.8	Effect of nutrients limitation and nutrients recovery on contents of soluble carbohydrate	66
7.9	Effect of nutrients limitation and nutrients recovery on POD enzyme activity	69
Chapter 8	Conclusion and Discussion	69
8.1	Change of growth capability and survival ability of <i>Thalassiosira weissflogii</i> in nutrients limitation stress and stress removing	69
8.2	Change of biological composition of <i>Thalassiosira weissflogii</i> in nutrients limitation stress and stress removing	71
Chapter 9	Summarization of present dissertation	72
	References	74
	Acknowledgement	84
	Pictures attached of phytoplankton	86

厦门大学博硕士学位论文摘要库

摘要

本研究包括两个部分。首先, 分别于2005年秋季(10-11月份)、2006年冬季(12-2月份)、2006年春季(3-5月份)和2006年夏季(6-9月份)在深圳福田红树林区5个水质监测站进行浮游植物样品的采集, 研究浮游植物的种类组成、细胞丰度及其生态分布和季节变化; 并监测水体主要理化指标及营养盐的变动, 初步探讨造成浮游植物时空分布差异的外源因素。5个站位水质差异明显, 皆因接纳生活污水、工业废水、养殖废水量和接纳时间不同, 造成浮游植物群落结构亦不同; 全年完全海水的水域与内陆污水长时间大量排入的水域, 其浮游植物群落季节差异明显。具体结果如下。

1. 5个站在4个季节内, 共鉴定到浮游植物5门28属51种(含未知9种), 其中硅藻门17属34种(包括未知7种), 占总种类数的68.6%, 其中, 中心纲(Centricae) 9属13种, 羽纹纲(Pennatae) 8属18种; 蓝藻门4属7种, 占总种类数的13.7%; 绿藻门4属5种(1未知种), 占总种类数的9.8%; 裸藻门1属3种, 占总种类数的5.9%; 隐藻门2属2种(1未知种); 无甲藻门的种类出现。

2. 浮游植物密度在季节上的变化范围 3.33×10^6 ind./L~ 5.54×10^6 ind./L之间, 平均密度为 4.26×10^6 ind./L。秋季密度最高, 春季最低。浮游植物密度在空间分布上在 $2.30 \sim 6.18 \times 10^6$ ind./L之间变动, 平均密度为 4.58×10^6 ind./L。最高密度出现在III站, 即全年完全海水的水域, 最低密度发生在II站, 即市政污水排放的宽阔河道, 常有底泥清除和海水倒灌发生的水域。

3. 蓝藻和绿藻种类组成的季节变化不甚明显, 硅藻、裸藻、隐藻则表现出季节变化特征。各站变动各不相同, 情况复杂。

4. 硅藻和蓝藻占浮游植物组成的绝大多数, 其中硅藻细胞密度占浮游植物总密度的89.06%, 蓝藻占8.17%。硅藻在整个周年动态中, 在I、III、V站无论在组成和密度上都占优势地位, 以海水为主的水域。蓝藻和绿藻则在II、IV有优势, 内陆污水长时间大量排入的水域。

5. 不同的站或同一站在4个季节, 其优势种和优势类群差异各不相同。硅藻的主要优势类群是小环藻属(*Cyclotella* spp.)、海链藻属(*Thalassiosira* spp.),

这2属的密度占优势，种类最多不过3种。蓝藻的主要优势类群是颤藻属 (*Oscillatoria* spp.)，种类仅3种。绿藻的主要优势类群是小球藻 (*Chlorella vulgaris*)。

6. 5个站位4个季节的浮游植物中出现大量与红树林关系密切的底栖性和附着性的羽纹纲硅藻 (Pennatae)，占硅藻种类数的54.3%，其中尤以舟形藻属 (*Navicula* spp.)及菱形藻属 (*Nitzschia* spp.)种类最多，但是密度不高，优势度不大，在任何一个站位均不能成为优势种。

7. 有赤潮特征的硅藻种类：中肋骨条藻 (*Skeletonema costatum*)、角毛藻属 (*Chaetoceras* spp.)，在II、III、V站存在，能适应咸淡水水域，多在夏、秋季出现，密度不高，不足以发生赤潮。

8. 根据浮游植物叶绿素a含量和水质富营养化程度、多样性指数和水质受污染程度的关系，认为各站因浮游植物的季节变化而表现出不同的水质环境质量状况。4种浮游植物群落结构特征指数都是III、V站较I、II、IV站大，即海水水域比咸淡水、淡水水域稳定。并且每个季节4种浮游植物群落结构特征指数都体现出红树林区水质环境质量总体处在中度污染程度，且一直在恶化。

9. 浮游植物密度与总氮浓度、盐度相关性较好，说明由于季节变化引起的总氮含量和盐度波动对浮游植物密度具有显著的影响。浮游植物密度与叶绿素a表征的生物量相关性不佳。

10. 总的来说，福田红树林浮游植物时空分布特征表现为：种类个体小，种类数少，密度高，耐污染种类多，优势种单一化，不同站位分布的种类有季节的差异，硅藻类有极其广的分布范围，总氮浓度和盐度是影响浮游植物分布的主要生态因子。

本文第2部分研究了不同营养盐胁迫对当地红树林区浮游硅藻优势种威氏海链藻 (*Thalassiosira weissflogii*) 生长和生化组成的影响，营养盐胁迫采用缺失供给和恢复营养的处理方式，初步探讨威氏海链藻成为优势类群的内源性原因。结果如下：

1. 营养受限，藻细胞形态发生变形扭曲，生活方式改变，胞内色素体等内含物消退甚至缺失。恢复营养的藻细胞没有显著的形态变化。

2. 设置了限氮处理组、限磷处理组、限硅处理组、氮磷共同限制处理组、贫营养组和正常营养培养的对照组，各处理组在相同接种量的情况下，经过11 d

的培养后,其藻细胞密度分别为: 5.68×10^4 cells/mL、 5.33×10^4 cells/mL、 8.81×10^4 cells/mL、 4.60×10^4 cells/mL、 3.12×10^4 cells/mL,依次为对照组细胞密度(8.91×10^4 cells/mL)的63.7%、59.8%、98.8%、51.6%、35.0%。结果表明,与对照组相比,除限硅处理组略受抑制外,各处理组藻的生长受到了明显的抑制。恢复培养,除贫营养组外,各处理组藻的生长都发生了轻微的好转,但并不是与持续正常营养藻的生长表现出相似性,而是氮、磷限制下的处理表现出显著差异,说明氮、磷比硅更能对海洋微藻的生长起决定作用。

3. 缺失氮源对叶绿素a的合成有显著影响。限氮、限氮加限磷处理组突出反映蛋白质的合成受限制。限磷组明显反映可溶性糖合成受阻。恢复营养再培养,上述3种生化成分均无法恢复至胁迫处理前的水平。

4. 威氏海链藻在经受连续11 d的贫营养、氮限制、磷限制、硅限制和氮磷共同限制5种胁迫处理后,其细胞密度、叶绿素a含量、胞内蛋白、可溶性糖与对照组差异显著。恢复营养经相同时间后,仅有细胞密度与对照组表现差异显著。生长状态的改观不一定体现出藻细胞生理上受到的损伤可以得到修复,应全面认识微藻营养缺失胁迫的必要性。

5. 氮、磷的限制胁迫对藻细胞活力的影响比硅的影响更明显,氮,磷更易成为威氏海链藻生长和活力的决定因子,不可缺失,必须维持氮、磷的供给,甚至是极高浓度的氮、磷。威氏海链藻有较高的氮、磷需求,深圳福田红树林水域丰富的氮、磷含量能满足其营养需求。

关键词: 红树林; 浮游植物; 时空分布; 威氏海链藻;

营养盐限制和恢复营养; 深圳福田

Abstract

This dissertation was divided into two parts. In Part I, Phytoplankton was collected from each sampling station in 5 stations in Futian Manrove Reserves of Shenzhen during the project carried out in Autumn, 2005 (Oct.-Nov.), Winter, 2006 (Dec.-Feb.), Spring, 2006 (Mar.-May), Summer, 2006 (Jun.-Sep.) in order to discover its taxa composition, densities and ecological distribution in spatial and seasonal scale. And water samples were conducted for chemical parameters and main nutrients concentrations for explaining extrinsic causation of phytoplankton distribution. Due to domestic and industrial wastewater discharging differently at the degree of hydro-flux and time in 5 stations, water qualities were significantly different. And phytoplankton community differed. Seasonal variations of phytoplankton community were significant among areas filled of totally seawater and areas contained mainly innerland sewages. The results were showed as following.

1. Totally 51 taxa (including 1 variety and 9 unidentified taxa) belonging to 28 genera in 5 phyla were identified among which Bacillariophyta with 34 taxa (including 7 unidentified taxa) in 17 genera counting for 68.6%. Bacillariophyta consisted of 13 taxa in 9 genera of Centricae and 18 taxa in 8 genera of Pennatae. Cyanophyta with 7 taxa in 4 genera counted for 13.7%, Chlorophyta with 5 taxa (including 1 unidentified taxa) in 4 genera counted for 9.8%, Euglenophyta with 3 taxa in 1 genera counted for 5.9%. While Cryptophyta taxa were rarely observed. None of Pyrrophyta taxa was identified in any season in any station.

2. Phytoplankton density seasonally varied from 3.33×10^6 ind./L to 5.54×10^6 ind./L, and average density was 4.26×10^6 ind./L. The highest was in Fall. The lowest was in Spring. Spatial variation of phytoplankton density was between 2.30×10^6 ind./L and 6.16×10^6 ind./L. Average density was 4.58×10^6 ind./L. The highest was in Station III which was totally seawater yearly. The lowest was in Station II which was a wide river discharging domestic wastewater. There was often mud removing project done and seawater pouring backwards.

3. There was not remarkable seasonal variation of Cyanophyta and Chlorophyta taxa, while it happened in taxa of Bacillariophyta, Euglenophyta and

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 for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库