

学校编码: 10384

密级 _____

学号: 22620061152341

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

台湾海峡及其邻近海域叶绿素 a 和
初级生产力季节变化的研究

Studies on Seasonal Variation of Chlorophyll a and Primary
Production in the Taiwan Strait and its Adjacent Sea Area

康 建 华

指导教师姓名: 黄邦钦教授

陈兴群研究员

专业名称: 环境科学

论文提交日期: 2009年9月

论文答辩日期: 2009年9月

2009年9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、缩印或者其他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 1 章 绪 论	1
1.1 叶绿素 <i>a</i> 和初级生产力的研究进展.....	1
1.2 本研究的目的是和意义.....	21
第 2 章 研究区域与调查方法	23
2.1 研究海域基本概况.....	23
2.2 调查站位设置.....	24
2.3 样品采集与测定方法.....	26
2.4 数据计算与处理.....	28
第 3 章 研究海域的水环境特征	30
3.1 春季水环境参数平面和断面的特征.....	31
3.2 夏季水环境参数平面和断面的特征.....	38
3.3 秋季水环境参数平面和断面的特征.....	44
3.4 冬季水环境参数平面和断面的特征.....	50
第 4 章 叶绿素<i>a</i>的季节分布特征及其控制因子	56
4.1 各季节叶绿素 <i>a</i> 的平面分布.....	56
4.2 各季节叶绿素 <i>a</i> 的断面分布.....	63
4.3 叶绿素 <i>a</i> 的季节变化.....	70
4.4 讨论.....	71
4.5 本章小结.....	85
第 5 章 初级生产力的季节分布特征及其控制因子	87
5.1 各季节初级生产力的平面分布.....	87
5.2 各季节光合作用速率的垂直分布.....	88
5.3 初级生产力的季节变化.....	94
5.4 讨论.....	95

5.5 本章小结.....	108
第 6 章 浮游植物生物量和生产力的粒级结构.....	110
6.1 生物量的粒级结构.....	110
6.2 初级生产力的粒级结构.....	113
6.3 讨论.....	114
6.4 本章小结.....	118
第 7 章 总结与展望	119
7.1 主要结论.....	119
7.2 特色与不足.....	122
7.3 研究展望.....	122
参考文献	124
致谢.....	138

厦门大学博硕士学位论文摘要

CONTENTS

Abstract in Chinese	I
Abstract in English	III
Chapter 1 Introduction	1
1.1 Review on studies of chlorophyll a and primary productivity.....	1
1.2 The objectives and significance of this thesis.....	21
Chapter 2 Study areas, materials and methods	23
2.1 Brief introduction of Taiwan Strait and its adjacent sea area.....	23
2.2 Sampling stations	24
2.3 Sampling and analysis methods	26
2.4 Data computing and processing	28
Chapter 3 Environmental parameters in the study areas	30
3.1 Horizontal and section distribution of environmental parameters in spring...31	
3.2 Horizontal and section distribution of environmental parameters in summer 38	
3.3 Horizontal and section distribution of environmental parameters in autumn.44	
3.4 Horizontal and section distribution of environmental parameters in winter...50	
Chapter 4 Seasonal variations of phytoplankton biomass and influencing factors	56
4.1 Seasonal horizontal distribution of chlorophyll a	56
4.2 Seasonal section distribution of chlorophyll a	63
4.3 Seasonal variations of chlorophyll a	70
4.4 Discussion	71
4.5 Summary	85
Chapter 5 Seasonal variations of primary productivity and influencing factors	87
5.1 Seasonal horizontal distribution of primary productivity	87
5.2 Seasonal vertical distribution of photosynthetic rate	88
5.3 Seasonal variation of primary productivity.....	94
5.4 Discussion	95
5.5 Summary	108
Chapter 6 Size-fractionated phytoplankton biomass and primary productivity	110

6.1 Size-fractioned phytoplankton biomass	110
6.2 Size-fractioned primary productivity	113
6.3 Discussion	114
6.4 Summary	118
Chapter 7 Summary and prospect	119
7.1 Conclusions	119
7.2 Highlights and and shortage	122
7.3 Future study	122
References	124
Acknowledgement	138

厦门大学博硕士学位论文摘要库

摘要

分别于 2006 年 7~8 月(夏季)、2007 年 1~2 月(冬季)、2007 年 4~5 月(春季)、2007 年 10~12 月(秋季)在台湾海峡及其邻近海域开展了连续四个季节的现场叶绿素 *a*(Chl *a*)和初级生产力(PP)的时空分布格局以及 Chl *a* 和 PP 的粒径结构的调查研究。同时从物理过程和营养输送方面讨论了台湾海峡及其邻近海域 Chl *a* 和 PP 的季节变化特征及其调控因素, 取得如下主要结果:

1、台湾海峡及其邻近海域春季、夏季、秋季、冬季 Chl *a* 含量的平均值分别为 0.74 mg/m^3 , 0.64 mg/m^3 , 1.04 mg/m^3 , 1.11 mg/m^3 。不同海域 Chl *a* 呈不同的季节变化模式, 北部海域呈春季> 夏季> 秋季> 冬季, 中部呈春季> 秋季> 冬季> 夏季, 南部则呈为冬季> 秋季> 夏季> 春季。在垂直方向上, Chl *a* 在夏季分层现象明显, 春、秋季分层现象较弱, 冬季呈均匀分布状态。春季和夏季 Chl *a* 主要受以 P 限制为主导的 N、P 共同限制。秋季 Chl *a* 在南北海域分别主要受到 P 和温度的影响, 冬季 Chl *a* 在南北海域则分别主要受到 N 和温度的影响。

2、台湾海峡及其邻近海域春季、夏季、秋季、冬季 PP 的平均值分别为 $332.3 \text{ mgC}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$, $478 \text{ mgC}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$, $331.53 \text{ mgC}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$, $330.2 \text{ mgC}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。北部海域的季节变化为春季> 夏季> 秋季> 冬季, 中部为夏季> 春季> 冬季> 秋季, 南部为夏季> 冬季> 秋季> 春季。春季整个调查海区光合作用速率的垂直分布模式主要有标准单峰型、弱单峰型、递减型和平直型四种, 夏季主要有标准单峰型、弱单峰型、递减型和“S”型四种, 秋季主要有标准单峰型、弱单峰型、递增型、递减型和“S”型五种, 冬季则主要呈现递减型和弱单峰型二种。春季和夏季 PP 主要受以 P 限制为主导的 N、P 共同限制; 秋季和冬季北、中部 PP 均主要受到温度和透明度的影响, 南部 PP 在低温低盐水团内均以温度和透明度影响较大, 而在高温高盐水团内则分别主要受到 P 和 N 的影响。

3、北部和中部海区生物量的粒径组成均以微型浮游植物占优势, 且夏季的优势最大, 冬季最小, PP 的粒径组成在春季、夏季和秋季也以微型浮游植物占优势, 且夏季优势最大, 但冬季三种粒径浮游植物对 PP 的贡献几乎成“三足鼎立”之势; 南部海区生物量和生产力的粒径组成均表现为以微微型浮游植物占优势, 同样是夏季的优势最大, 冬季最小。

生物量粒级结构的垂直分布结果表明,小型浮游植物一般主要分布于表层和近表层,微型浮游植物则主要分布于近表层或真光层中部,而微微型浮游植物则主要分布于真光层中部和底部,冬季三种粒径浮游植物垂直分布总体较均匀。

温度和磷酸盐含量是影响台湾海峡南、中、北海域浮游植物粒级结构差异的重要因素。另外,光辐照度和水体的稳定程度对海洋浮游植物各粒级的垂直分布起着重要的调控作用。

关键词: 叶绿素 a ; 初级生产力; 季节变化; 粒级结构; 环境因素; 台湾海峡

Abstract

Four cruises, which were in the Taiwan Strait and its adjacent sea area (TSA) in July~August(summer), 2006, January~February(winter), 2007 and in April~May (spring), 2007, October~ December (autumn), 2007, respectively, were carried out to study the temporal and spatial distribution patterns of chlorophyll *a* concentration and primary productivity, and the size-fractionated phytoplankton and primary productivity. In the meantime, seasonal distribution features of chlorophyll *a* contents and their environmentally regulating factors in the Taiwan Strait and its adjacent sea area were discussed based on the progress of ocean physical and nutrients transportation during 2006 and 2007, the results are as following:

The mean value of Chl *a* concentration in the TSA was 0.74 mg/m³, 0.64 mg/m³, 1.04 mg/m³, 1.11 mg/m³ in spring, summer, autumn, winter respectively. The seasonal variation pattern of Chl *a* concentration had a obvious change with study areas. It was spring>summer>autumn>winter in the northern waters of TSA(NTSA), spring>autumn>winter>summer in the Middle waters of TSA (MTSA) and winter>autumn>summer>spring in the southern waters of TSA (STSA). In vertical direction, Chl *a* appeared serious stratified phenomenon in summer and this phenomenon were weaker in spring and autumn. It was Equally distributed in winter. In spring and summer, phytoplankton was much stable and limited much by phosphate and then nitrate in the TSA. In autumn, Chl *a* contents were mainly influenced by temperature in NTSA while phosphate in STSA. In winter, Chl *a* contents were mainly influenced by temperature in NTSA while nitrate in STSA.

The mean value of PP in the TSA was 332.3 mgC/(m² · d), 478 mgC/ (m² · d), 331.53 mgC/ (m² · d), 330.2 mgC/ (m² · d) in spring, summer, autumn, winter respectively. The seasonal variation pattern of PP was spring>summer>autumn>winter in the NTSA, summer>spring>winter>autumn in the MTSA and summer>winter>autumn>spring in the STSA. In the entire study areas, the vertical distribution of photosynthetic rate mainly have four basic patterns in spring: standard single-peak type, weak single-peak type, straight type and decrease type; four patterns in summer: standard single-peak type, weak single-peak type, decrease type, and “S” curve type; five patterns in autumn: standard single-peak type, weak single-peak type,

incremental type, decrease type, and “S” curve type; two patterns in winter: weak single-peak type and decrease type. In spring and summer, PP was much stable and limited much by phosphate and then nitrate in the TSA. In autumn and winter, PP were mainly influenced by temperature and transparency in the NTSA and MTSA, the same effect happened in the low-temperature and low-salinity waters in STSA. In the high-temperature and high-salinity waters, PP was mainly limited by phosphate in autumn while nitrate in winter.

In the NTSA and MTSA, nanophytoplankton dominated the biomass in four seasons, the maximum dominance degree appeared in summer and the minimum dominance degree appeared in winter. Nanophytoplankton also dominated PP besides in winter, the maximum dominance degree appeared in summer. The dominance degree of three size-structure of phytoplankton that contributed to PP were approximately equal in winter. In the STSA, picophytoplankton dominated both biomass and productivity in four seasons, the maximum dominance degree appeared in summer and the minimum dominance degree appeared in winter.

The result of vertical biomass distribution indicated that there were much differences among microplankton, nanoplankton, picoplankton within euphotic zone in spring, summer, autumn. The analysis of vertical biomass distribution showing that microplankton was mainly in surface and near surface, nanoplankton in subsurface and middle of euphotic zone, picoplankton in middle and bottom of euphotic zone. Three size-fractionated phytoplankton were equally vertical distributed in winter.

Both temperature and phosphate were the important factors to conduct difference of size structure of phytoplankton in NTSA, MTSA and STSA. In addition, irradiation and the stability of waters would be more important in regulating vertical distribution of size-fractionated phytoplankton.

Key words: chlorophyll a; primary productivity; seasonal variation; size-fraction of phytoplankton; environmental factor; Taiwan Strait

第1章 绪论

1.1 叶绿素 *a* 和初级生产力的研究进展

浮游植物的主要光合色素是叶绿素，常见的有 Chl *a*、*b* 和 *c*，Chl *a* 存在于所有浮游植物中，大约占有有机物干重的 1~2%，是估算浮游植物生物量和反映海水肥瘠程度的重要指标。近年来的研究表明浮游植物不但在云反照率，而且在光能量、热通量以及碳通量上(Sarmient et al, 1988)严重影响着全球的气候变化(Philip et al, 2003)。

在海洋研究中，和 Chl *a* 一样另一个经常被提及的重要概念是海洋 PP。海洋 PP 又称为原初生产力，是指浮游植物、底栖植物以及自养细菌等生产者，通过光合作用或化学合成制造有机物和固定能量的能力。PP 一般以每天(或每年)单位面积所固定的有机碳或能量来表示，即 $\text{gC}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ ，海洋浮游植物是海洋中主要的初级生产者，它们利用光能摄取营养盐，把无机碳转化为有机碳，并释放出氧气，从而直接或间接为海洋中其它生物提供赖以生存的物质基础。浮游植物的初级生产承担着海洋中 90% 以上的有机物质的生产，据已有的估计结果，海洋浮游植物固碳量每年约 $36.8 \times 10^9 \text{ t}$ ，与陆地的 PP 总量相近，其中近海区域只占海洋总面积的 10%，其浮游植物年固碳量却可占海洋浮游植物总固碳量的 30%(Lalli et al, 1997)，由此可见，在全球海洋固碳过程中有重要的作用，初级生产是海洋生态系统循环和食物链及食物网的关键性环节，它不仅是估计海域生产力和渔业资源潜力大小的重要标志之一，而且在海洋水质评价、洋流跟踪、水团划分、上升流分析以及整个生态系统的生态功能研究中都成为不可缺少的内容。

总之，浮游植物的 Chl *a* 和 PP 是研究初级生产过程时两个最关键的参数，并在研究海洋生态系统的物质循环与能量转化过程中起着重要的作用。浮游植物生物量与 PP 的分布模式包含着海区基本的生态过程信息和生态系统的动力学特征。生物量和初级生产连同与其紧密相关的粒径结构理所当然地成为任何一个综合性生物地球化学研究计划的核心研究的关键点。

1.1.1 国外进展

1949年, Amon 首次采用分光光度法来测定大型海藻叶绿素(Amon, 1949), 他所使用的方法经过改进后在国际上被广泛应用至今。1952年 Richard 和 Thompson 首次将分光光度法用于海洋学的研究, 测量了海水中包括 Chl *a* 的多种色素的含量(Richard et al, 1952)。与分光光度法相比, 荧光法在测定相对较浓的溶液时省去了稀释的步骤, 具有直接测定的优势。20世纪60年代初, Yentsch 和 Menzel 利用荧光法测定海水中 Chl *a* 和脱镁 Chl *a* (Yelltsch and Menzel, 1963), 从此之后方便、灵敏的荧光法在检测海洋 Chl *a* 含量上便得到了全面发展。Lorenzen(1966)描述了使用 Turner 荧光计连续测量水中活体叶绿素浓度的方法, 并利用此方法进行了 21 d 的海上连续走航观测, 获得了大量的各海区浮游植物水平分布的信息(Lorenzen et al, 1966), 这种方法经过不断改进, 不仅在 90 年代较盛行 (Arar et al, 1997), 至今亦仍是最常用有效的 Chl *a* 浓度测定的方法之一。20世纪70年代, 薄层色谱分析技术快速发展, 这使得海水中浮游植物的标志色素可以轻易分离, 但是由于此项技术专业性强、效率较低而没有被广泛应用 (Jeffery et al, 1999)。80年代, 高效液相色谱技术由于能对海水中的叶绿素进行非常准确的定量而广受推崇 (Mantoura et al, 1983; Wright et al, 1984; Roy, 1987)。到了90年代, HPLC 甚至用于大型海藻的叶绿素分析, Bianchi 等人先后在哈德逊河、墨西哥湾和波罗的海的研究大型海藻的色素组成和比例, 并以色素作为标识物表明大型海藻在食物链中的流向 (Bianchi et al, 1990; Bianehi et al, 1995; Bianehi et al, 1997)。海洋科学家利用分光光度法、荧光法以及色谱法在全球海域内进行了大量的叶绿素调查工作, 逐渐发现这些方面彼此都有优缺点, 但其中有一个共同的缺点就是无论哪种方法都只局限于小尺度的区域性调查, 所以 Kishino 等科学家(Kishino et al, 1986; Gitelson et al, 1990; Gitelson et al, 1992, 1993; Giterlson et al, 1996)提出了一种叫做归一化荧光高度的方法来反演叶绿素浓度, 这种方法经过改进可以在大尺度范围内对海洋表层的 Chl *a* 进行估算。第一颗提供遥感叶绿素的卫星是 1978 年由美国发射的 Nimbus-7 卫星, 其上搭载的水色传感器~海岸带水色扫描仪(CZCS, 1978~1986)共收集约 66000 幅海洋水色图象(Evans et al, 1994), 为科学家开展水色遥感研究提供丰富的数据源, 是一次相当成功的海洋水色遥感实验。20世纪90年代末期, 设计有荧光遥感波段的水色卫星传感器 SeaWiFS、MODIS、MERIS、GLI、CMODIS 相继升空, 标志着荧

光反演叶绿素的研究已进入了卫星遥感的阶段,过去 20 年来,各国学者利用遥感在全球海洋范围内作了大量的海洋生态工作(McClain et al, 1998, 2006; Gower et al, 2007), Watson 等甚至通过卫星水色遥感观测 Chl *a* 等手段已经描绘出全球海洋 PP 分布情况(Watson et al, 2003)。目前,可现场测定叶绿素的光学探头已有生产并且在不断改进。它的最大优点是快速简便,便于现场操作和读数。此法不必使用溶剂提取色素,因此缩短了测量时间,但准确度和精确度较差,此法多用在准确度和精确度不高的大面积海域快速测定。

海洋生态系统 PP 的研究起步较早。自从 1927 年 T.Gaarder 和 H.H.Gran 首次应用黑白瓶法测定了浮游植物光合作用以来(阎希柱等, 2000), PP 的研究便取得了长足的进步,目前为止一共有四个相对较为重大的历史进展。

第一个重大进展就是 1952 年丹麦科学家 Steemann-Nielsen 建立了放射性同位素(^{14}C)示踪法来测定海洋浮游植物 PP(Steemann et al, 1952)。这种方法经过改进之后至今仍在沿用,世界大洋和重点海区也都使用此法进行过 PP 的大量观测,积累了许多宝贵资料,并对全球海洋的 PP 分布状况作出了基本的估计。1955 年 Steemann-Nielsen 便简单的绘出非洲西南大西洋沿岸浮游植物的生产力图(Steemann et al, 1963)。1969 年, J.H.Ryther 将世界海洋分大洋区、沿岸区和上升流区三种类型,通过调查结果计算了不同海区浮游植物固定碳的数量,大致估计三大分区平均产量分别为 50、100 和 300 $\text{gC}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$,并认为全球整个海洋约为 $20 \times 10^9 \text{tC/a}$ (Ryther, 1969)。一年之后, Koblentz-Mishke 等根据 7000 多个测站取得的数据,统计绘制了全球海洋 PP 的分布图。作者把世界海洋水域分为五种类型:亚热带贫营养海域,亚热带和亚极区过渡海域,赤道辐散区和亚极区海域,近海海域,沿岸海域;其中亚热带贫营养海域的 PP 平均值仅 $70 \text{mgC}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$,近海海域高达 $340 \text{mgC}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$,沿岸海域最高,高达 $1000 \text{mgC}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。他们估计全世界浮游植物的初级产量为 $23 \times 10^9 \text{tC/a}$ (Koblentz-Mishke, 1970)。1975 年 Platt 等订正为 $30 \times 10^9 \text{tC/a}$ (Platt and Subba, 1975)。1979 年 Eppley 和 Peterson 则认为初级生产量在 $19 \sim 24 \times 10^9 \text{tC/a}$ 之间(Eppley and Peterson, 1979)。Shushkina 等根据 1968~1982 年从 130 个站位获得资料数据估计全球海洋初级生产量为 $54 \times 10^9 \text{tC/a}$ (Shushkina et al, 1985)。Chavez 和 Barber(1987)、Berger 等(1989)估计,海洋年总 PP 约为 $30 \times 10^9 \text{tC/a}$,又据 Martin 等(1987)的估计,海洋总 PP 提高至 $51 \times 10^9 \text{tC/a}$ (冯士筭, 李凤岐, 李少菁, 1999)。1997 年 Lallis 和 Parsons 则

估计海洋浮游植物年生产量为 37×10^9 tC, 其中大洋区为 24×10^9 tC, 沿岸区达 11×10^9 tC, 上升流区仅有 1.8×10^9 tC (Lallis and Parsons, 1997)。总体来说, 现在对海洋 PP 的估计要比过去高出许多。

第二个重大进展就是对 PP 概念的发展。1967 年 Dugdale 和 Goering 提出“新生产力”一词, 他们认为进入初级生产者细胞内的任何一种元素都可以划分为从真光层之外输入的和真光层内再循环的两类, 即总 PP 可以划分为新生生产力和再生生产力两部分。在真光层中再循环的 N 称为再生氮, 主要是 NH_4^+-N , 由真光层之外提供的 N 称为新氮, 主要是 NO_3-N , 由再生 N 源支持的那部分 PP 称为再生生产力, 由新 N 源支持的那部分 PP 称为新生产力, 这部分才是向高层次营养级的净输出(Dugdale and Goering, 1967)。PP 的这种划分, 使群落净生产力有了大致的估计, 也使生态系能流分配有了基本定量的描述。更重要的是, 新生产力的水平在很大程度上代表了海洋的净固碳能力, 而后者则反映了海洋对大气中 CO_2 的吸收能力和对全球气候变化的调节能力, 这使得 PP 这种功能性划分具有更广泛和深刻的意义。历来对全球总 PP 和新生产力的调查结果表明估计值的主要差别是对总 PP 的估计不同, f 比却相差不大。比如说 Chavez 和 Barber(1987)、Berger 等(1989)估计, 海洋年总 PP 约为 30×10^9 tC/a, 其中新生产力大约为 6×10^9 tC/a, f 比为 0.20。Martin 等(1987)估计总 PP 高达 51×10^9 tC/a, 新生产力却仅有 7.4×10^9 tC/a, f 比为 0.15(冯士筵, 李凤岐, 李少菁, 1999)。当然, 在全球海洋生产力功能性结构上呈现的这种状况可能在局部海区表现却会截然相反, 即总 PP 相同的两个海区, f 比可能明显不同, 新生产力水平自然也不相同。比如 1992 年 Bienfang 等总结 Iverson 和 Berger 的研究成果发现, 高纬度的沿岸区和大洋区 PP 总量差不多, 分别为 13.7×10^9 tC/a 和 13.2×10^9 tC/a; 但新生产力却相差较大, 分别为 4.7×10^9 tC/a 和 2.7×10^9 tC/a, f 比分别为 0.35 和 0.20(Bienfang and Ziemann, 1992)。这表明两个海区生态条件不同, PP 在生态系统中的作用和功能也会不同。因为只有新生产力才是向高层次营养级的净输出; 只有新生产力(而不是 PP)才能反映出海洋的净固碳能力(Chisholm, 2000)。相同的 PP 数值可能包含着不同的信息, 通过 PP 功能性结构来表达出这些宝贵的信息, 对于描述生态系统的环境特征、能流途径、营养关系以及动态功能等具有不可替代的作用。

PP研究过程中的第三个重大进展是 80 年代初“微食物环”概念的提出以及

“蓝细菌是海洋PP的重要贡献者观点”的证实。Azam等(1983)年在总结前人理论的基础上,提出了微食物环的概念:浮游植物光合作用产生的溶解有机物(DOM)以及浮游动物摄食和来自其他过程中的DOM可以通过细菌的吸收利用形成自身的颗粒有机物(POM),这部分POM通过原生动物的摄食和传递再次返回到主食物链当中(Azam et al, 1983)。微食物环的发现解释了为什么现在对PP总量的估计比过去高得多的原因。异氧细菌通过吸收海水中光合溶解有机碳(PDOC)转化成自身的颗粒有机碳(POC),把本来“丢”进水中的有机碳再“捞”回来并传送到主食物链,成为“二次生产者”。以往PP的测定海洋工作者们只测定了POC,却忽略了有可能超过POC的PDOC(Moloney et al, 1991)。

微食物环的提出之后,立即成为热点,有关于它的组成和功能的研究就一直在进行,对它的认识也在不断完善。最初的微食物环仅仅包括溶解有机碳、异养细菌、原生动物等三个环节,其中异养细菌在有机碳转换中起关键作用。随着Waterbury等(1986)明确认为蓝细菌(Cyanobacteria)这种微小的自养细菌可以用荧光技术对其进行研究以来,蓝细菌在初级生产过程中地位便受到了广泛关注。Stockner等在1986年和Burkill等在1993年分别指出蓝细菌是海洋PP的重要贡献者。后来甚至有人经过估算认为在热带太平洋,它对浮游植物总生物量的贡献达25%~90%,对总PP的贡献达20%~80%;而在世界大多数海区,它对浮游植物总生物量的贡献达20%,对总PP的贡献达60%(Caron et al, 1991)。现在认为微食物环并非只包括异养细菌和自养蓝细菌如此简单,其成员还包括病毒、微型和其它微小型浮游植物(包括真核微小型浮游植物(Picoeukaryotes)和原绿球藻(*Prochlorococcus*)、小型浮游动物(甲壳动物的无节幼虫、桡足幼体等)。实际上,不同海区及同一海区的不同季节,微食物环的组成结构并不一样。通常微食物环存在两个不同的起点,一个是DOC起点,另一个是微小型浮游植物(还包括部分微型浮游植物)起点。总之,组成微食物环的生物种类繁多,并且各功能个体极其微小,因此在生物海洋学研究中,人们多从粒级生态类群入手,即在组成上,强调粒级结构与功能(戴聪杰, 2006)。

要全面了解初级生产过程中的能流和碳流途径,就必须重点研究微食物环,而研究微食物环,生物量和初级生产的粒级结构是其中不可缺少的基础环节(Montecino et al, 2000)。不同粒级生产者所形成的生产力能流途径不同,而不同粒级生产者对PP的贡献随着海区的变化而变化。在海洋食物网的底层营养级上

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