

广东省海水养殖对海区环境影响的夏季调查

许忠能¹, 林小涛¹, 周小壮², 廖志洪², 游江涛¹, 黄云峰² (1. 暨南大学水生生物研究所, 广州 510632; 2. 暨南大学生物工程学系, 广州 510632)

摘要: 在 2000 年夏季对广东省汕头、惠阳、珠海、阳江和湛江等沿海地区一些养殖区域与非养殖区域水体中氮、磷和浮游动植物等指标进行测定, 分析夏季海水养殖给海区水环境造成的压力。结果表明, 养殖区总氮、颗粒态总氮、总磷、颗粒态总磷含量分别为 $0.506 \sim 1.244 \mu\text{mol/L}$ 、 $0.367 \sim 1.066 \mu\text{mol/L}$ 、 $0.112 \sim 0.232 \mu\text{mol/L}$ 、 $0.054 \sim 0.157 \mu\text{mol/L}$, 这些指标在养殖区高于非养殖区; 养殖区与非养殖区的溶解态总氮、溶解态总磷、总氮总磷比值、溶解态总氮溶解态总磷比值无显著性差异。5 个地点养殖区与非养殖区的浮游植物主要是角毛藻属 *Chaetoceros* 中的种类占优势; 而浮游动物中占优势的主要是桡足类, 包括成体与无节幼体。水产养殖对养殖海区浮游动植物的种类数目与总个体数均无显著影响, 但影响了生物多样性, 并对某些浮游生物种类有促进作用或抑制作用。

关键词: 海水养殖; 氮; 磷; 浮游生物

中图分类号: X52 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2002)06-07-0079

Effect of Marine Culture on the Quality of Coastal Water in Guangdong Province in the Summer

Xu Zhongneng¹, Lin Xiaotao¹, Zhou Xiaozhuang², Liao Zhihong², You Jiangtao¹, Huang Yunfeng² (1. Institute of Aquatic Ecoscience, Jinan University, Guangzhou 510632, China; 2. Department of Biotechnology, Jinan University, Guangzhou 510632, China)

Abstract: The contents of nitrogen, phosphorus and plankton in aquatic areas and non-sea-farming areas, which were found in Shantou, Huiyang, Zhuhai, Yangjiang and Zhanjiang in Guangdong Province respectively, were measured in 2000 in the summer with the aim of estimating the environmental problem of marine culture. The concentration of total nitrogen (TN), particle total nitrogen (PTN), total phosphorus (TP), particle total phosphorus (PTP) in aquatic areas, which were $0.506 \sim 1.244 \mu\text{mol/L}$, $0.367 \sim 1.066 \mu\text{mol/L}$, $0.112 \sim 0.232 \mu\text{mol/L}$ and $0.054 \sim 0.157 \mu\text{mol/L}$ respectively, were higher than non-sea-farming areas, but marine culture had no effect on the concentration of dissolvable total nitrogen (DTN) and dissolvable total phosphorus (DTP), TN:TP ratios and DTN:DTP ratios. The most phytoplankton in both aquatic areas and non-sea-farming areas was *Chaetoceros*, and that of zooplankton was Copepoda (including adult and larva). Marine culture affected the diversity of plankton and the population densities of some species, but not to the number of plankton kinds and the total individuals of all phytoplankton or all zooplankton.

Keywords: marine culture; nitrogen; phosphorus; plankton

海水养殖向海区输出有机营养物, 并且水产动物在集约养殖条件下所占据的各种环境资源一般超过天然海区原有的生态位, 可能令海水生态环境受损^[1]。水团的运动致使一些养殖区海水有不同程度的交换, 水体理化、生物自净系统也在不断缓冲对海区环境的侵害因素, 这些都构成水产养殖与海区环境之间不确定的关系^[2]。而其他类型的污染也可能归并到水产养殖中去, 如陆源排污^[3]。因此, 如何选择较为合理的养殖区与非养殖对照区就显得极为重要。

氮、磷是水体生产力的限制因素, 但未确定各种形态的氮、磷转化率之前, 氨、硝酸盐、亚硝酸盐、磷酸盐等的浓度能否显示水体中的氮、磷负荷值得怀疑, 而包含这些形态的氮磷浓度的一些富营养化指数在原理或意义上解释起来比较模糊^[4]。而总氮、总磷包含了元素的多种形态,

基金项目: 广东省自然科学基金资助项目(000719)

作者简介: 许忠能(1973~), 男, 硕士, 讲师, 从事水生生物学研究。

收稿日期: 2001-11-15; 修订日期: 2002-02-18

在一定程度上会更有代表性.浮游生物是海洋生态群落中个体生长繁殖快、种数多分布广的大类群,其个体数量与多样性等指标一定程度上反映海水状况的稳定性与环境自净能力^[5].夏季,水产动物摄食强度大,代谢快,是剧烈利用和耗损环境资源的时期,极可能引起养殖海区在氮、磷负荷、浮游生物的数量与构成上对环境压力的较大响应.本文选择了在2000年夏季对广东沿海养殖区与相应的非养殖区总氮浓度、总磷浓度及浮游生物等指标进行测定,为更合理评价海水养殖对海区环境的影响程度提供基础数据.

1 材料与方法

1.1 采样

选广东汕头柘林湾($23^{\circ}34'N$, $117^{\circ}4'E$)、惠阳大亚湾小桂($22^{\circ}41'N$, $115^{\circ}32'E$)、珠海桂山十五湾堤内($22^{\circ}7'N$, $113^{\circ}50'E$)、阳江闸坡旧澳湾($21^{\circ}36'N$, $111^{\circ}50'E$)、湛江硇洲岛斗龙($20^{\circ}56'N$, $110^{\circ}38'E$)作为养殖区,5个点中除湛江硇洲岛斗龙有5个鲍鱼养殖场排水口外,其余各点均有超过5000 m²的鱼类养殖网箱.选择汕头浦尾以东($22^{\circ}33'N$, $117^{\circ}6'E$)、惠阳大亚湾小鹰($22^{\circ}41'N$, $115^{\circ}33'E$)、珠海桂山十五湾堤外($22^{\circ}8'N$, $113^{\circ}51'E$)、阳江闸坡马尾岛滩外($21^{\circ}34'N$, $111^{\circ}48'E$)、湛江硇洲岛南角尾以北($20^{\circ}52'N$, $110^{\circ}33'E$)作为相对应的非养殖区.非养殖区在附近2 km范围内没有进行养殖活动,与养殖区相隔3 km以上,并根据调查其地形、水团运动与相应的养殖区相似^[6,7].养殖区与非养殖区离生活污水、工厂企业污水排放口3 km以上,或相对应的养殖区、非养殖区与排污口距离相近.采样地点水深主要在5~7 m范围内.

每组养殖区与非养殖区各设2个采样点,每组共4个点的采样在同一天进行,采样时刻在每天12:00~14:30之间.养殖区的采样点在离养殖动物100 m的范围内,为排除浮游生物、氮、磷在各水层的分布差异,在采样点离水面0.5、2、3、4 m处用2.5 L采水器各取等体积海水混和,各采样点取1 L混合海水用于总氮(Total

Nitrogen, TN)、总磷(Total Phosphorus, TP)测定,在现场用0.45 μm滤膜过滤混合海水取1 L滤液用于溶解态总氮(Dissolvable Total Nitrogen, DTN)、溶解态总磷(Dissolvable Total Phosphorus, DTP)的测定.海水装入棕色玻璃瓶,滴入1 mL氯仿或浓硫酸保存,在6 h内开始测定.取1 L混和海水用于浮游植物观察,固定时用5%的福尔马林或按每升水样加入6~8 mL碘液(将碘片溶于5%碘化钾溶液中成饱和溶液)^[8].用25#浮游生物网过滤20 L混和海水浓缩至150~300 mL,用于浮游动物观察.为避免浮游动物受固定液的突然刺激引起收缩、变形,甚至解体,固定前采用麻醉松弛处理,即取样后每隔10 min按每100 mL水样加2~3滴福尔马林,并于取样1~2 h后加入余量福尔马林使其体积比为5%~10%.

1.2 测定方法

测定氮、磷时先将水样用NaOH调至中性. TN、DTN采用碱性过硫酸钾氧化,然后过铜镉柱,再用萘乙二胺分光光度法测定亚硝酸氮含量,颗粒态总氮(Particle Total Nitrogen, PTN)为两者差值; TP、DTP的测定采用过硫酸钾氧化法,颗粒态总磷(Particle Total Phosphorus, PTP)为两者差值^[9].测磷时水样消化并水浴冷却后,先加抗坏血酸以还原氧化过程中产生的氯离子.浮游生物用显微镜观察并计数定量,每个水样重复观察3次取平均值.

1.3 多样性指数

由于浮游植物单种个体多且易受环境氮磷影响,故在计算其多样性指数时采用种作为同一类群单位.而浮游动物在所样品中单种个体少,且属间营养功能(对氮、磷的同化)差异较种间明显,故在计算其多样性指数时采用属作为同一类群单位;并把与各自成体营养功能差异较大的同一群形态、大小、食性相似的幼体归为同一类群,与属同级,如蔓足类幼体、桡足类幼体等.多样性指数采用Margalef指数和Shannon-Weiner指数,前者说明环境中类群单位的丰富度;后者是类群单位丰富度与均匀度的综合指标,但应用Shannon-Weiner指数时具低丰

富度、高均匀度的环境与具高丰富度、低均匀度的环境可能出现相同的指数,因此 2 种指数合用能得到更详细的环境生态信息^[10]。Margalef 指数表示为:

$$D = (S - 1) / \ln N$$

式中, S 为环境中类群单位数, N 为个体总数。Shannon-Weiner 指数表示为:

$$H = - \sum_{i=1}^S (\log_2 P_i) P_i$$

式中, S 为环境中类群单位数, P_i 为类群单位 i 的个体数占全部个体总数的比例。

2 结果与分析

2.1 海水养殖对海区氮、磷含量的影响

广东沿海夏季海水氮含量见图 1。养殖区 TN、PTN、DTN 分别在 0.506 ~ 1.244 μmol/L、0.367 ~ 1.066 μmol/L、0.112 ~ 0.234 μmol/L 之间;而非养殖区 TN、PTN、DTN 分别在 0.409 ~ 0.764 μmol/L、0.297 ~ 0.648 μmol/L、0.112 ~ 0.322 μmol/L 之间。水产养殖对养殖海区

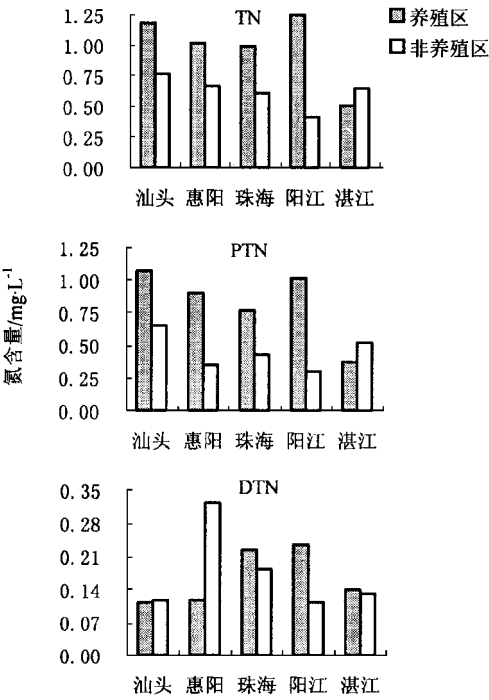


图 1 广东省沿海夏季海水氮含量

Fig.1 The nitrogen concentration of coastal water in Guangdong Province in the summer

TN、PTN 含量有显著影响($p < 0.05$),养殖区高于非养殖区;但 DTN 含量在养殖区与非养殖区间无显著差异($p > 0.05$)。汕头、惠阳、阳江、湛江养殖区中 PTN 分别占 TN 的 90.5 %、88.5 %、81.2 % 和 72.5 %,而在非养殖区中 PTN 占 TN 的比例分别为 84.8 %、51.7 %、72.6 % 和 79.9 %。这显示 TN 主要以 PTN 形式存在,但所占比例并不稳定。测定珠海养殖区、非养殖区 TN 时,因发生意外,该水样在冰箱内存放了一周才测定。

广东沿海夏季海水磷含量见图 2。养殖区 TP、PTP、DTP 分别在 0.112 ~ 0.232 μmol/L、0.054 ~ 0.157 μmol/L、0.021 ~ 0.135 μmol/L 之间;而非养殖区 TP、PTP、DTP 分别在 0.056 ~ 0.226 μmol/L、0.042 ~ 0.169 μmol/L、0.008 ~ 0.105 μmol/L 之间。水产养殖对养殖海区 TP、DTP 含量有显著影响($p < 0.05$),养殖区高于非养殖区;但 PTP 含量在养殖区与非养殖区间

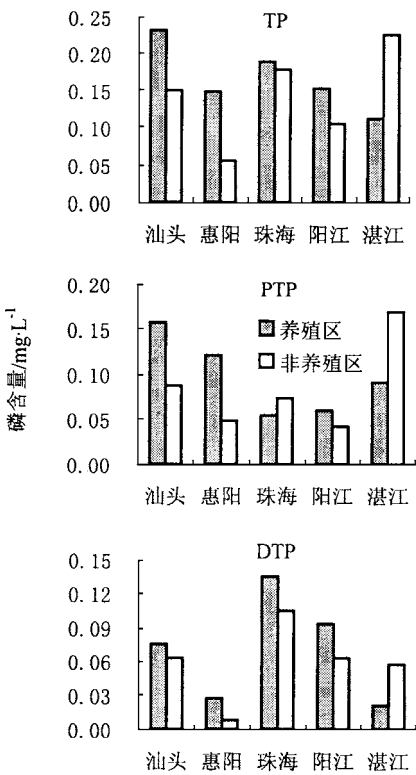


图 2 广东省沿海夏季海水磷含量

Fig.2 The phosphorus concentration of coastal water in Guangdong Province in the summer

无显著差异($p > 0.05$).汕头、惠阳、阳江、湛江养殖区中 PTP 分别占 TP 的 67.7 %、81.8 %、28.6 %和 81.3 %,而在非养殖区中 PTN 占 TN 的比例分别为 58 %、85.7 %、41 %和 74.8 %.这显示 PTP 和 DTP 在 TP 中所占比例不稳定,同时哪一种所占的比例都没有绝对优势.

广东沿海夏季海水氮磷比值见图 3.总氮磷比值在 2.87 ~ 11.91 之间,溶解态氮磷比值主要在 3.07 ~ 6.62 之间,而 2 种氮磷比值在各采样点存在较大差异.但不论是总氮磷比值还是溶解态氮磷比值在养殖区与非养殖区间都无显著差异($p > 0.05$).

2.2 浮游生物的测定

广东省沿海夏季浮游植物的概况见表 1.水产养殖对养殖海区浮游植物种类数目与总个体数均无显著影响($p > 0.05$).汕头海区种类数最多,养殖区为 23 种,非养殖区为 29 种.惠阳海区总个体数最多,养殖区为 2.07×10^9 个/ m^3 ,非养殖区为 8.08×10^8 个/ m^3 .在各采样点占数量优势的浮游植物没有表现出对养殖区或非养殖区的选择性,5 个地点养殖区与非养殖区的浮游植物占数量优势的主要是角毛藻属 *Chaetoceros* 中的种类.

广东沿海夏季浮游动物的概况见表 2.水产养殖对养殖海区浮游动物类群数与个体总数均无显著影响($p > 0.05$).惠阳的类群数最多,养殖区与非养殖区都有 11 种;而总个体数也是惠阳占优,养殖区为 119×10^3 个/ m^3 ,非养殖区为 164.6×10^3 个/ m^3 .与表 1 数据相似,占数量

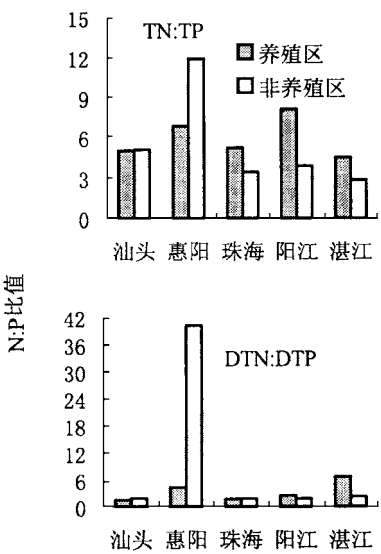


图 3 广东省沿海夏季海水氮磷比

Fig. 3 The N:P ratios of coastal water in Guangdong Province in the summer

表 1 广东省沿海夏季浮游植物的概况¹⁾

Table 1 Phytoplankton of coastal water in Guangdong Province in the summer

地点	种数/种	总个体数 $\times 10^6$ /个 $\cdot m^{-3}$	占数量优势种类个体数 $\times 10^6$ / 个 $\cdot m^{-3}$
汕头养殖区	23	671	旋链角毛藻 <i>Chaetoceros curvisetus</i> (219); 窄隙角毛藻 <i>Chaetoceros affinis</i> (217)
汕头非养区	29	176	旋链角毛藻 (66); 洛氏角毛藻 <i>Chaetoceros lorenzianus</i> (38)
惠阳养殖区	18	2070	透明辐杆藻 <i>Bacteriastrium hyalinum</i> (1882)
惠阳非养区	15	806	透明辐杆藻 (671)
珠海养殖区	14	17	旋链角毛藻 (10)
珠海非养区	14	59	旋链角毛藻 (42)
阳江养殖区	16	3.5	洛氏角毛藻 (1.0); 骨条藻 <i>Skeletonema costatum</i> (0.5); 佛氏海毛藻 <i>Thalassiothrix frauenfeldii</i> (0.5)
阳江非养区	16	1.5	拟菱形藻 <i>Pseudonitzschia pungens</i> (0.6); 洛氏角毛藻 (0.4)
湛江养殖区	10	4.3	洛氏角毛藻 (1.7); 斯氏根管藻 <i>Rhizosolenia stolterfothii</i> (1.0)
湛江非养区	26	153	洛氏角毛藻 (54); 窄隙角毛藻 (33)

¹⁾ 占数量优势种类按总个体数多少排列,最多的若干种的个体数权加起来刚好超过 50 %时,这一种或若干种即为占数量优势种类。

优势的浮游动物也没有对养殖区或非养殖区的 是桡足类,包括成体与无节幼体.
选择性.各地点的浮游动物占数量优势的主要 通过配对数据的比较,一些浮游生物种类

的生物个体数在养殖区明显高于非养殖区($p < 0.05$),见表 3.比较养殖区与非养殖区,浮游植物在养殖区占有数量优势的主要是硅藻和甲藻(夜光藻 *Noctiluca scientillans*),而在非养殖区多是硅藻;浮游动物在养殖区有数量优势的

有甲壳动物幼体、被囊动物和轮虫类,而在非养殖区有数量优势的都是桡足类成体中的几个属.但是,这些偏养殖区或偏非养殖区的种类大多不是占该采样点数量优势的种类.

水产养殖对浮游动物类群的 Margalef 指数

表 2 广东省沿海夏季浮游动物的概况¹⁾

Table 2 Zooplankton of coastal water in Guangdong Province in the summer

地点	类群数/种	总个体数 $\times 10^3$ /个 $\cdot m^{-3}$	优势类群个体数 $\times 10^3$ /个 $\cdot m^{-3}$
汕头养殖区	7	174	软体动物面盘幼虫(116)
汕头非养区	9	90.6	软体动物面盘幼虫(52.9)
惠阳养殖区	11	119	软体动物面盘幼虫(49.3);长腹剑水蚤 <i>Oithona</i> Baird(23)
惠阳非养区	11	164.6	软体动物面盘幼虫(69.3);长腹剑水蚤(35)
珠海养殖区	9	72.4	桡足类无节幼体(31.2);软体动物面盘幼虫(21.1)
珠海非养区	9	46.1	桡足类无节幼体(24.8)
阳江养殖区	7	85.5	拟哲水蚤 <i>Paracalanus</i> Boeck(19);真猛水蚤 <i>Eutерpe</i> Claus(19);长腹剑水蚤(9.5)
阳江非养区	8	142.8	桡足类无节幼体(52.3);长腹剑水蚤(33.3)
湛江养殖区	7	91.1	桡足类无节幼体(41.3);长腹剑水蚤(8.3)
湛江非养区	5	110.4	长腹剑水蚤(34.5);拟铃虫 <i>Tintinnopsis</i> Stein(27.6)

¹⁾表中优势类群的标准与表 1 相同。

表 3 广东省沿海夏季在数量上有偏养殖区或偏非养殖区的浮游生物

Table 3 The selective kinds of plankton in culture area or non-culture area in Guangdong Province coastal water in the summer

养殖区		非养殖区
浮游植物	斯氏根管藻;北方菱氏藻 <i>Lauderia borealis</i> ;洛氏角毛藻;夜光藻	布氏双尾藻 <i>Ditylum bright wellii</i> ;距端根管藻 <i>Rhizosolenia calcar-avis</i> ;活动盒形藻 <i>Biddulphia mobiliensis</i> ;角状弯角藻 <i>Euca mpia cornuta</i> ;厚刺根管藻 <i>Rhizosolenia crassispina</i> ;日本星杆藻 <i>Asterionella japonica</i> ;拟菱形藻;菱形藻 <i>Nitzschia</i> sp.
浮游动物	蔓足类无节幼体;长尾类糠虾幼体;住囊虫 <i>Oikopleura</i> Mertens;臂尾轮虫 <i>Brachionus</i> Pallas	长腹剑水蚤;拟哲水蚤;胸刺水蚤 <i>Centropages</i> Kroyer

并无显著影响($p > 0.05$),但是使浮游植物的 Margalef 指数明显下降($p < 0.05$),即浮游植物种的丰富度下降(图 4)。

当以 Shannon weaver 指数评价浮游生物多样性时,无论浮游植物还是浮游动物都呈现养殖区与非养殖区间的明显差异($p < 0.05$):养殖区浮游植物 Shannon weaver 指数低于非养殖区;而浮游动物 Shannon weaver 指数则相反(图 5)。惠阳的养殖区与非养殖区浮游植物的 Shannon weaver 指数都很低.而在浮游动物类群方面,汕头、惠阳 2 地养殖区的 Shannon weaver 指数高于其它采样点。

3 讨论

3.1 广东沿海夏季海水养殖对海区氮、磷含量的影响

广东沿海夏季养殖区 TN、TP 含量高于非养殖区(图 1 和图 2),表明海水养殖对自然海区造成可检测的营养负荷,这与 R. H. Foy 等在爱尔兰的实验结果相同^[11].水产养殖通过残饵、排泄、排粪等向水体输出营养物质,无疑增加了氮、磷在水体中的含量.但有研究表明,养殖对水体夏季的氮、磷并无可见的影响^[12].这主要是由于测定营养盐的指标不同所造成的.氮、磷在水体中以颗粒态、溶解态、有机态、无机

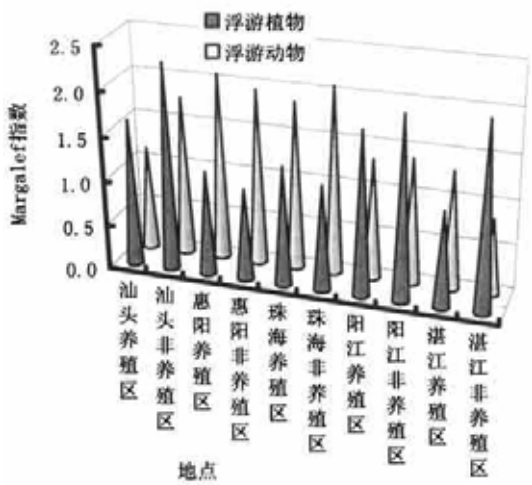


图 4 广东沿海夏季浮游生物多样性 Margalef 指数

Fig.4 Valuation on diversity of plankton in Guangdong Province coastal water in the summer by Margalef index

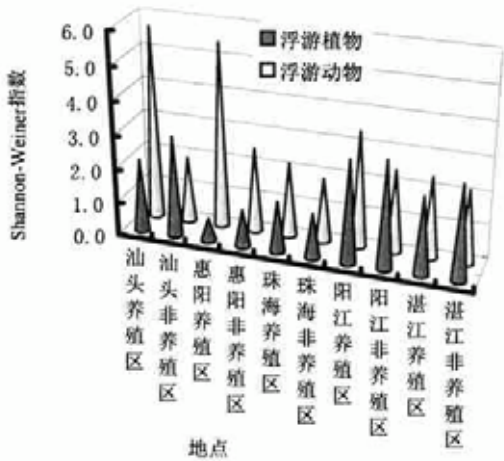


图 5 广东省沿海夏季浮游生物多样性 Shannon Weiner 指数

Fig.5 Valuation on biodiversity of plankton in Guangdong Province coastal water in the summer by Shannon Weiner index

态等形式存在,并且在多种因素下各形式不断转化,因此个别指标有可能不能反映营养负荷。而 TN、TP 则包括营养盐的各种形式,相对准确地显示水体富营养化程度。不过,所测定的营养盐含量是仍只是表观浓度,不能反映营养盐的动态流动状况及在在底层积累。被水生大型动植物同化所占的份额,因此对海区及海水中各相关组分的氮磷收支应进一步探讨。TN: TP 比值反映这 2 种营养元素在海水特别是其中的生

物体中的比例是否平衡。DTN: DTP 比值直接影响到藻类对其的吸收,Atkinson 和 Smith 认为浮游植物同化碳、氮、磷的平均比值为 106: 16: 1。而本研究中除惠阳非养殖区外,其他点的溶解态 N: P 值均远小于 16。而水生动物的排泄中氮远高于磷^[14],在长时间气候闷热动物代谢活动加快的季节,动物向水中输入的氮增加,可能提高了水中 N: P 比值。氮磷比值引起浮游生物种类的变化^[15],但海水养殖对 2 种氮磷比值并无显著影响。

3.2 广东沿海夏季海水养殖对海区浮游生物的影响

虽然养殖未能引起浮游植物在种数目、总个体数和优势种对环境压力的响应,但使一些种类在养殖区的增加或减少,并且影响了浮游生物多样性。某些浮游生物在养殖区的数量受到影响,这可能是遇到一些偏养殖区浮游生物种类在空间、食物、溶氧等方面的竞争。如偏养殖区的浮游动物类群在争夺生态位上有着某些与养殖区环境相适应的优势,运用高效率摄食方式的类群将生长繁殖更快^[5,16]。可以考虑选出耐高营养负荷的海水浮游生物种类。在生物多样性方面,养殖造成浮游植物表征种丰富度的 Margalef 指数与表征种丰富度及均匀度的 Shannon Weaver 指数的下降,这是养殖对环境生物最明显的负面效应。浮游植物生长快、适应力强、数量大,种间关系复杂而密切^[5],其多样性的减少将为个别种类的迅速增殖创造一定的条件。养殖对浮游动物 Margalef 指数没有影响,但提高了 Shannon-Weaver 指数,这与浮游植物刚好相反。从营养的角度去分析,对不同类型食物的选择性影响一定采样范围内的浮游动物群落的分类组成^[17,18]。水产养殖增加了多种营养物负荷,在这种条件下,以不同形式、大小、性质的有机质为生的多种浮游动物将生长繁殖更盛。养殖区浮游动物多样性的提高,可推测其群落摄食率增大,对营养物有更高的滤除作用,而过滤的营养物转化为身体组成部分,这种对营养负荷的有序化集结也反映了水体的自净功能。但利用多样性指数时应注意不同的生物其

个体有时差异很大,如果设计一个多样性指数能包含生物量甚至生物生长率方面的信息,则对进一步分析非常有帮助。

4 结 论

(1)夏季,海水养殖对海区带来的营养负荷可通过 TN、TP、PTN、PTP 检测出来,但对海区的 DTN、DTP、TN: TP 比值及 DTN: DTP 比值并无影响。

(2)海水养殖造成浮游生物多样性的改变及对个别类群的有选择效果,这反映了养殖造成的环境压力及水体自净系统发挥功能。

参考文献:

1 Antoine D, Frederic G, Herve C. Marine aquaculture effluent monitoring: Methodological approach to the evaluation of nitrogen and phosphorus excretion by fish. *Aquacultural Engineering*, 1995, **14**: 59 ~ 83.

2 暨卫东. 厦门马銮湾有机污染、富营养化状况下的生化关系. *海洋学报*, 1998, **20**(1): 134 ~ 143.

3 段水旺, 章申, 陈喜保等. 长江下游氮、磷含量变化及其输送量的估计. *环境科学*, 2000, **21**(1): 53 ~ 56.

4 李永祺. 海水养殖生态环境的保护与改善. 济南: 山东科学技术出版社, 1999. 78 ~ 83.

5 郑重, 李少菁, 许振祖. 海洋浮游生物学. 北京: 海洋出版社, 1984. 527 ~ 555.

6 中国科学院南海海洋研究所. 南海海区综合调查研究报告. 北京: 科学出版社, 1985. 13 ~ 230.

7 广东省地图出版社编. 广东省地图册. 广州: 广东省地图出版社, 1997. 4 ~ 141.

8 国家海洋局发布. 海洋监测规范. 北京: 海洋出版社, 1991. 634.

9 K. 格拉斯霍夫(陆贤昆等译). 海水分析方法. 北京: 科学出版社, 1982. 86 ~ 103.

10 孙儒泳, 李博, 诸葛阳等. 普通生态学. 北京: 高等教育出版社, 1993. 135 ~ 139.

11 Foy R H, Rosell R. Fractionation of phosphorus and nitrogen loading from a Northern Ireland fish farm. *Aquaculture*, 1991, **96**: 31 ~ 42.

12 何悦强, 郑庆华, 温伟英等. 大亚湾海水网箱养殖与海洋环境相互影响研究. *热带海洋*, 1996, **15**(2): 22 ~ 27.

13 Atkinson MJ, Smith S V. C: N: P ratios of benthic marine plants. *Limnol. Oceanogr.*, 1983, **28**: 568 ~ 574.

14 Mayzand P. Respiration and nitrogen excretion of zooplankton IV. The influence of starvation on the metabolism and biochemical composition of some species. *Mar. Biol.*, 1976, **37**: 47 ~ 58.

15 吉田阳一. DIN: DIP 比占优势植物プランクトン. *日水志*, 1998, **64**(1): 140.

16 Cyr H. Cladoceran and Copepod-dominated zooplankton communities graze at similar rates in low-productivity lakes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 1998, **55**(2): 414 ~ 422.

17 Arnot SE, Magnuson SS, Yan ND. Crustacean zooplankton species richness: single and multiple year estimates. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 1998, **55**(7): 1573 ~ 1582.

18 Hanson PJ, Peter K B, Hansen B W. Zooplankton grazing and growth: Scaling within the 2 ~ 2000 μ m body size range. *Limnol. Oceanogr.*, 1997, **42**(4): 687 ~ 704.

会议报道

联合国环境规划署“第19届产业协会磋商年会”,于2002年10月7~8日在巴黎召开。来自60多个国际产业协会或其他组织的近百名代表出席了本次年会。

年会的主要议程为:通报“世界可持续发展首脑大会”(WSSD)取得的成果;交流各产业协会或组织对WSSD的看法;讨论如何促进可持续消费与生产方式;以及磋商建立成功合作伙伴关系等问题。

本次年会达到了交流信息、加强联系和促进合作的预期目的,获得了圆满成功。

(张康生 供稿)