

海水养殖对浮游生物群落和水环境的影响*

EFFECTS OF MARICULTURE ON THE PLANKTONIC COMMUNITY AND WATER ENVIRONMENTS: A REVIEW

陈应华¹ 杨宇峰^{1,2} 焦念志²

(¹ 汕头大学科学中心海洋生物实验室 515063)

(² 中国科学院海洋研究所 青岛 266071)

20世纪以来,由于人口的大量增长和社会经济的快速发展,人们对海产品的需求量大大增加,基础研究成果的不断积累,进一步促进了海水养殖业的迅猛发展。与此同时也带来了水域污染问题。特别是80年代中期以来,我国沿海养殖区赤潮频繁发生,对虾、扇贝等病害严重。本文就近年来国内外在这方面的研究进展进行综述,以期为我国海水养殖的可持续发展提供理论依据。

1 海水养殖现状

1.1 养殖类型

近年来,我国海水养殖在养殖方式上有了新的突破。首先,由过去的单一种类养殖转变为多种类间养、轮养、混养,增加了复养指数,提高了水体利用水平。其次,实现了养殖与增殖的有机结合,形成了水面筏养、网养、海底放流和土池蓄水精养等立体养殖的新格局。但是,一些地区不考虑水体的养殖容量,忽视科学的论证和规划,片面追求和强调养殖面积及渔业产量,大面积、单一种类、高密度的养殖格局依然存在。我国海水养殖因生产区域不同形成了如下三大类型:(1)潮间带、潮上带滩涂养殖,以滩涂底播养殖、滩涂附着器采苗养殖和围港筑池养殖为主,如附着器采苗养殖牡蛎,底播养殖蛭、围港筑池养殖鱼虾等;(2)浅海

筏式养殖、底播养殖和网箱养殖,如贻贝、扇贝、珍珠贝、海带、裙带菜及各种鱼类;(3)室内人工养殖:如鲍鱼等。

1.2 存在的问题

我国海水养殖存在的主要问题可概括为:(1)种质方面:海水养殖系统的主要养殖种类单一,生物多样性低,食物网结构简单,对病害和其他灾害缺乏抗性,养殖生产的保险性和安全性较差;苗种短缺,数量和质量不稳定,部分种类种质退化严重,人工育苗技术还比较落后,一些重要养殖品种的规模化苗种繁育技术尚未解决,目前海水养殖业的种源,仍主要依赖于自然野生种质资源,“靠天吃饭”的局面没有根本扭转。(2)病害方面:病害成了海水养殖的一个“瓶颈”,严重制约着海水养殖业的发展,一些疑难顽症至今尚未找到有效的防治药物和治疗方法。(3)环境方面:布局不合理,内湾和近岸水域开发过度,而20~30m等深线以内水域利用不足;养殖规模大,放养密度高,养殖区老化,自身污染严重,局部水域环境容量超负荷,水体趋于富营养化,赤潮频繁发生。(4)其他方面:鱼虾配合饵料的加工水平低,质量不稳定,在水中的稳定性差,对环境的污染严重,活饵料的批量培养尚有一定困难,生物饵料供应比较紧张;一些暖水性和暖温性鱼类在北方自然海区越冬困难。

2 海水养殖对浮游生物群落的影响

海水养殖并非孤立地影响浮游植物或浮游动物,浮游植物和浮游动物的种群数量变动总是密切相关的。养殖动物对浮游动物的摄食促进了浮游植物种群的增长,小型藻类大量繁殖,数量和生物量急剧上升,水体pH值升高,嗜酸性浮游动物种类减少,浮游动物的群落结构趋于简单,多样性指数下降^[1]。滤食性养殖动物对浮游植物的摄食必将恶化植食性浮游动物的饵料条件,引起植食性浮游动物种群数量降低。在水平分布上,浮游植物的密集区总是同浮游动物高生物量区的位置一致,浮游动物生物量高峰总是尾随浮游植物的数量高峰而出现,显示了植食性浮游动物对浮游植物的摄食依存关系。植食性浮游动物的摄食活动导致浮游植物种群数量降低,而当浮游植物数量低到一定水平后,必然又会影响到植食性浮游动物的数量,随着植食性浮游动物密度下降,摄食

* 国家自然科学基金资助项目第39630060,39625008号;广东省自然科学基金资助项目第984152号;中国科学院知识创新工程项目KZCX2-403。
收稿日期:2000-04-05;
修回日期:2000-11-09



压力减小,浮游植物种群又会再次增加,这样就形成了一个双波动的种间数量变动特征^[12]。

2.1 海水养殖对浮游动物的影响

鱼类的捕食作用和贝类的滤食活动对浮游动物的群落结构和数量动态有明显的影响。一般说来,没有选择性和选择性小的鱼类对浮游动物的影响主要体现在密度上,而不是在种类组成上^[5]。

近年来,海水养殖水体浮游动物个体大小的演替引起了不少研究者的兴趣。卢静等和王岩等的研究表明,捕食作用是影响浮游动物个体大小的主要因素之一,食浮游动物的鱼类通常选择性摄食水体中较大个体的浮游动物,压制其种群增长,这样,小型浮游动物受到大型浮游动物的竞争压力减弱,从而种群增大,即浮游动物个体呈现向小型化方向发展的趋势^[2,4]。

捕食作用也是影响生物多样性的一个重要因素之一。捕食作用既可能提高群落的物种多样性,也可能降低群落的物种多样性。如果捕食者是广谱食性的,则它往往喜欢摄食相对密度较高的被捕食者,即种群数量较大的被捕食者总是受到较大的捕食压力,其种群的进一步发展受到捕食抑制。这样那些种群密度较小,在竞争上又处于劣势的被捕食者就不会因竞争排斥而消亡,从而提高生物多样性^[5]。但是,据孙儒泳 1992 年报道,如果捕食者对被捕食者具有选择性,且捕食者所选食的是群落中的优势种,则捕食作用能提高群落的物种多样性,若选食的是竞争力弱的劣势种,则随着捕食压力的增加,群落的物种多样性会迅速下降^[9]。

海水养殖还可能通过改变或破坏那些适宜于某些生物生活的特定生境。生物栖息环境的破坏导致物种生存受到威胁或消亡,直接

引起生物多样性的下降。

2.2 海水养殖对浮游植物的影响

滤食性贝类及其他滤食性动物的大规模养殖对浮游植物的生物量和种类组成有明显的影响。部分学者认为滤食性动物通过滤食作用能显著降低浮游植物的生物量和初级生产力^[4,8]。阮景荣等 1993 年则认为滤食性动物的代谢产物,鱼类游泳时的搅水作用以及底栖性贝类的滤食活动等,促进了营养物质的循环,加强了水体中营养物质的再生,从而使水体中的营养物质含量增加,特别是 N、P 的含量,进而促进浮游植物的生长,使浮游植物的生物量和初级生产力增加。

水域中放养滤食性动物还会对浮游植物的多样性产生影响。通常,放养滤食性动物可以提高系统中浮游植物的多样性。所放养滤食性动物的种类不同,对系统中浮游植物多样性影响的程度也存在很大差异,甚至个别种类可能导致浮游植物的多样性降低。

滤食性动物养殖对浮游植物的个体大小也有重要影响,通常个体较小的种类成为浮游植物的优势类群。张鸿雁等报道,长期放养罗非鱼或高密度放养罗非鱼,能压制大型浮游植物的增长,促进超微型浮游植物的发展,使浮游植物向小型化方向发展^[8]。

3 海水养殖对水域环境的影响

随着海水养殖业的迅猛发展,养殖水域自身污染日益严重,水体 N、P 含量升高,原有的水化学平衡产生相应改变,从而对水环境产生影响。

3.1 海水养殖对水质的影响

养殖水体的水质状况同养殖周期及季节变更密切相关。海水网

箱养殖对水体的影响随着养殖时间的推移而逐渐加剧。网箱养殖水域海水叶绿素 a、无机氮、活性磷酸盐、活性硅酸盐含量平均水平一般均高于对照水域,透明度和溶解氧低于对照水域。溶解氧及活性磷酸盐浓度同网箱距离之间还具有显著的相关关系^[10]。网箱养殖对 pH 值、化学耗氧量、悬浮物、盐度、浊度、水温等的影响不明显^[6],但王肇鼎等的实验结果证实网箱养殖水域的 pH 值明显低于对照水域^[3]。

90 年代以来,国内外学者都对鱼虾养殖过程中 N、P 的物质平衡有过报道。Walline 和 Hakason 1991 年的研究表明,在鱼类养殖中,被鱼利用的磷只占饵料中磷的一小部分,溶解于水中的磷和被鱼类利用的磷总共不到饵料中磷的一半,绝大部分仍以颗粒态存在。在精养虾池中,人工投饵输入的氮在水体总输入氮中占绝对优势,而真正转化为虾体内的氮不到所输入的总氮量的 20%,以悬浮颗粒氮、溶解有机氮、溶解无机氮等形式存在于池水中的氮约为总输入氮的 10% 左右,其余大部分积累于虾池底部淤泥中^[11]。

滤食性鱼类的养殖是加速还是延缓水体的富营养化进程学术界存在不同的见解。阮景荣等 1993 年和 Langeland 等 1987 年认为滤食性鱼类养殖会加速水体的富营养化进程。底栖滤食性鱼类活动时搅动沉积物,使沉积物恢复到悬浮状态或在消化活动中释放 N、P,从而大大增加了水柱中 N、P 的含量,促进了系统中营养物质的循环,减少了营养物的沉积量,加速了系统中营养物质的再生,在外源营养物输入量较大的条件下,高密度的鱼类种群将加快天然水域的富营养化进程。但也有学者持相反的观点,李琪等 1993 年认为,通过滤食性鱼类——鲢鱼的放养和捕捞,可以减



少水体中的有机质和营养盐的负荷量,在一定程度上改善和净化水质;王年斌等^[1]认为,罗非鱼的吞食性很大程度上减少了水体中有机物及有机碎屑的滞留,降低了水中溶解有机物的含量,从而延缓了天然水域的富营养化进程。

滤食性贝类养殖是加速还是延缓水体的富营养化进程,学术界也存在不同的见解。大量试验发现,放养较高密度滤食性贝类的水体中颗粒有机质、化学耗氧量、总磷、总氮都有较大幅度的下降。Officer等1982年、Kaspar等1985年及Rodhouse和Roden1987年认为,滤食性贝类的摄食和粪便沉积可以减少养殖区的有机负荷和营养负荷,阻断物质循环,抑制水体的富营养化,从而起到改善和净化水质的作用。但Yamamuro和Koike1993年则持相反的观点,他们认为滤食性贝类的滤食活动加强了水体的混合运动,加快了底质的再悬浮,减少了营养物的沉积量,促进了系统中营养物质循环,加速了系统中营养物的再生,刺激初级生产。Dame等1985年也认为,颗粒物质大量汇集在滤食性贝类高度密集区,显著增加了局部营养负荷,在不同程度上加速了水体的富营养化进程。

3.2 海水养殖对底质的影响

网箱养殖使底质的运输和沉积方式、溶氧状态等发生改变。在缺氧的条件下,水底沉淀中有机质分解产生大量的硫化氢、甲烷、氨及有机酸等,从而导致底质化学特性的改变^[6]。Catherine1990年认为,沉积物中除化学耗氧量和无机氮含量增加不明显,总固体物质含量稍低外,总有机碳、总氮、沉积硫化物、活性磷酸盐、总磷、总挥发性固体的含量通常随着养殖时间的延

续而累积增加,而且变化幅度较大,平均含量和耗氧量较非养殖区有明显增加。表层沉积物中活性磷酸盐和硫化物的含量与网箱之间的距离具有显著的相关关系^[10]。

De Haun等1983年、郭平等1994年和高尚德等1994年报道了海水养殖对水域环境中细菌动态变化的影响。随着养殖时间的推移,由于排泄废物、残饵以及动、植物残体等有机质在池底的不断积累,底泥细菌和浮游细菌生物量都有所上升,且底泥细菌明显比同周期浮游细菌的量高。浮游细菌的生产量与水体中不同混养动物的食性差别和各混养动物对系统所产生的不同混养效应的影响有关。

由于贝类的滤食活动,粪便和假粪聚集下沉到海底而形成生物性沉积。生物沉降将大量的悬浮物从水体搬运到底层,同时有机沉积物也大量增加,从而大大改变了底质的生物地球化学特性。尤其是贝类筏式养殖,筏架对海流的阻挡作用降低了养殖海区水体的流速,改变了水流方向,有机物质和营养盐被截留,严重影响了生物地球化学循环,生物沉降更加明显。这些有机物在底层的堆积使微生物活动加强,增加了耗氧量,减少了水中溶解氧含量,因而可能使底质和底层水产生缺氧或无氧环境,进而促进了解氮作用和硫酸盐的还原过程,加速了沉积物中营养盐的再生。营养盐的再生虽能缓解浮游植物的营养限制,对提高水体初级生产力有积极作用,不容忽视的是营养盐的加速循环很可能导致水体富营养化。

综上所述,海水养殖对浮游生物群落具有多重影响。海水养殖鱼类和贝类的摄食活动是影响海洋浮游生物群落结构的重要因素,它

们对浮游生物的影响通常涉及到种群数量、生物量、生物多样性和个体大小等诸多方面。海水养殖增加了水体和底质中的N、P含量,原有的水化学平衡产生相应改变,从而也对水环境产生影响。在水动力作用下,这种影响还可能扩大到邻近水域生态系统。

参考文献

- 1 王年斌、崔维喜、苏鹤声等。日本对虾与海湾扇贝和罗非鱼的组合结构对养殖环境的影响。见:中国水产学会编。迈向21世纪的渔业科技创新。北京:海洋出版社,2000。213~221
- 2 王岩、张鸿雁。中国水产科学,1999,6(3):49~54
- 3 王肇鼎、彭云辉、周贤沛。大鹏澳网箱养殖海区的水环境和浮游植物变化特征。见:中国科学院大亚湾海洋生物综合实验站研究年报2。北京:科学出版社,1998。64~75
- 4 卢静、李德尚、董双林。青岛海洋大学学报,1999,29(2):243~248
- 5 刘正文。海洋湖沼通报,1997,2:19~23
- 6 刘家寿、崔奕波、刘建康。水生生物学报,1997,21(2):174~184
- 7 张国华、曹文宣、陈宜瑜。水生生物学报,1997,21(3):271~280
- 8 张鸿雁、李德尚、王岩。青岛海洋大学学报,1998,28(2):210~216
- 9 孙儒泳。动物生态学原理。北京:北京师范大学出版社,1992。364~365
- 10 林钦、李纯厚、林燕棠等。华南师范大学学报(自然科学版),1998,(增刊):36~46
- 11 杨逸萍、王增焕、孙建等。海洋科学,1999,1:15~17
- 12 郑师章、吴千红、王海波等。普通生态学——原理、方法和应用。上海:复旦大学出版社,1994。95

(本文编辑:刘珊珊)