

大型藻类对海水鱼类养殖水体的生态调控*

ECOLOGICAL FUNCTION OF MACROALGAE IN FISH CULTURE SYSTEM

胡海燕 卢继武 杨红生**

(中国科学院海洋研究所 青岛 266071)

中图分类号 Q948 文献标识码 A 文章编号 1000-3096(2003)02-0019-03

水产养殖与环境的关系十分密切,一方面,养殖环境的好坏是关系到养殖产量和养殖生物质量的重要因素,另一方面,养殖活动又会影响水域环境及其生物多样性。随着渔业自然资源的衰退,海水鱼类养殖产业的蓬勃发展,关于鱼类养殖对海区污染情况的报道日渐增多,海水鱼类养殖对环境的负面影响主要是产生的大量有机和无机废物,其持续发展的关键在于将养殖废物控制在水体的容纳量内,其中一条途径是运用生态学原理,发展生态型养殖技术,人为干预调控养殖系统,使养殖种类内部呈现互为目的良性循环,协调养殖生物与养殖环境的关系^[1]。大型藻类作为海区重要的初级生产者,具有吸收利用水体营养盐和增加溶解氧(DO)、生长快、易管理等特性,适合作为环境调控者在渔业养殖中进行生态调控。目前,国内外的学者普遍认为养殖大型海藻是吸收、利用营养物质、延缓水域富营养化的有效措施之一。

1 海水鱼类养殖水体的主要污染

我国海水鱼类养殖主要采用传统的海水池塘养鱼和浅海网箱养殖方式,且都依赖于人工投饵,但是,投饵型的鱼类养殖过程中残饵和鱼体的代谢产物常常导致水体的富营养化和底质的有机污染,野外调查表明,在一些水体交换较弱、养殖密度较高的网箱养殖海区,水体通常 DO 较低, N, P 的含量较高^[2]。1999 年至 2000 年对我国部分养殖海区的环境监测分析也表明,我国海水鱼、虾、贝、藻类养殖海区均受到了不同程度的污染,主要污染物为活性磷酸盐、无机氮和石油类。

2 大型海藻利用无机营养盐的特点

大型藻类是海区重要的初级生产者,生命周期

长、生长快,能通过光合作用吸收固定水体的 C, N, P 等营养物质来合成自身,同时增加水体溶解氧。对大型海藻化学成分的分析表明,大型海藻组织中具有丰富的氮库,可以高效地吸收储存大量的营养盐。大型海藻组织中的营养库一般包括:无机氮库、氨基酸氮库和非蛋白可溶性有机氮库(如叶绿素、藻红素等)、蛋白质氮库(如酶类)等^[3]。另外,对大型海藻营养盐吸收和同化的研究表明,同样浓度的营养盐,大型藻类对 N 的吸收速率大于对 P 的吸收速率,对 $\text{NH}_4\text{-N}$ 的吸收速率大于对 $\text{NO}_3\text{-N}$ 的吸收速率,而 $\text{NH}_4\text{-N}$ 往往是鱼类养殖水体无机营养盐的主要存在形式,因而大型藻类对水体无机营养盐具有很好的清洁作用。一般来说,影响大型海藻吸收营养盐的主要因素有:光照、温度、盐度、营养盐的含量、海藻的生长特点及其营养史等。

封闭养殖水体中,大型海藻与浮游植物对营养盐存在着竞争关系,理论上,浮游植物更具有竞争优势,因为它的生长半饱和常数比大型海藻低,对氮的亲合力更高。但实际上,二者竞争关系复杂,竞争结果不仅受水体营养盐含量影响,还与外界环境条件如水温、光照等有关,目前,大型藻类和浮游植物的竞争机制有待进一步的探索。

* 中国科学院知识创新工程项目 KZCX 2-403、211 号;国家基础研究规划资助项目 G1999012012 号。

第一作者:胡海燕,出生于 1978 年,中国科学院海洋研究所在读硕士。

** 通讯作者:杨红生,中国科学院海洋研究所研究员,博士生导师。通信地址:青岛市南海路 7 号中国科学院海洋研究所;E-mail: hshyang@ms.qdio.ac.cn

收稿日期:2001-10-10;修回日期:2002-04-07

3 大型海藻对鱼类养殖水体的生态调控原理

大型海藻对海水鱼类养殖水体的调控途径主要是吸收水体中的无机营养盐,二者在生态功能上互相补充,构成一种复合式的养殖系统,其中鱼和细菌的代谢消耗水体 DO,降低 pH 值,释放无机营养盐;大型海藻则进行光合作用,吸收利用水体无机营养盐,产生氧气,提高水体 pH,因而,鱼类系统中因饵料输入、鱼体代谢造成的营养负荷,可以通过大型藻类的吸收得到减缓。一般来说,对一个特定的养殖生态系统,其养殖容量和环境容量是一定的,尽管大型海藻与鱼类构成的复合养殖系统中,通过大型海藻吸收水体无机营养盐,系统的自净能力增强,养殖水体的养殖容量提高,但养殖生物的放养密度和密度搭配仍然是系统维持较长时间稳定的关键,如果大型海藻的养殖密度太低,就起不到清洁水体的目的,过高,又会导致营养盐含量过低的“瘦水”环境。关于这方面的研究国外有过相关报道,但目前大型海藻的养殖容量以及大型海藻与养殖生物的搭配密度等方面还有待查明,关键问题可能是在养殖生物和大型海藻之间建立营养盐的流动平衡。

4 大型藻类生态调控的优点

以浮游植物为主要初级生产者的养殖水体中,浮游植物的种群数量易受外界营养盐的供给情况影响,极端情况下或爆发性增殖,或群体崩溃;与之相比,大型藻类的生长策略较为保守,体内的营养库使它们更适应营养盐波动的水体环境。当养殖在营养盐不足的环境中时,体内的 N 库仍然可以维持它们较长的生长;当介质营养盐含量较高时,即使光照不足,大型海藻也会吸收超过自身生长需要的营养盐,从而充实内部营养库以备快速生长时利用。

与浮游植物不同,大型海藻吸收营养物质合成的生物量,可以通过收获的途径输出,减轻水体污染的同时,又能实现养殖污染物的资源化利用。例如在小水体的鱼类养殖系统中,利用海藻吸收养殖废水中的无机营养盐,能减少水体中约 50% 的 $\text{NH}_4\text{-N}$,同时海藻的净产量可以提高 18%;在网箱养殖区附近绳养江蓠,可以使江蓠的生长率提高 40%,江蓠的产量和对溶解氮盐的吸收率比单养江蓠高 2 倍左右^[4]。江蓠是生产琼胶的优良原料,目前,世界上约 2/3 的琼胶是由江蓠属大型海藻提供的,但大部分是从天然生

长的藻体中提取,产量不稳定,远不能满足日益发展的琼胶制造业的发展,所以利用经济价值较高的大型海藻进行生态调控还可以带来可观的经济效益。

另外,大型海藻对污染环境也具有较强的耐受力和清洁作用,有报道表明在受金属和有机污染的海区种植大型海藻,可以提高水体 DO,降低 BOD、POC 以及铜、锌、铅和镉等金属含量,促进污染区环境的恢复^[5]。

5 大型海藻在鱼类养殖中的应用

大型海藻对鱼类养殖的生态意义和经济意义在于:它能降低养殖水体的营养盐污染,改善水质,有利于养殖水体环境的稳定,提高养殖生物的产量。

其实早在 70 年代中期,大型海藻就被用于处理集约化鱼类养殖产生的废水,主要是采用循环水的方式,不仅减轻了养殖污染,还节约了生产用水的成本。随后,大型藻类的应用推广到不同的养殖模式中,90 年代中期,Neoni 等 1991 年对海藻集约化养殖水体进行的长期研究表明,两年之中,养殖水体的 DO, pH, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$ 及无机 P 等水质指标基本能稳定在适合鱼类生长的范围内。对于浅海网箱养殖区,Tröell 等^[4]发现在其附近养殖江蓠,可以减少养殖水体中 6.5% 的氮盐和 27% 的磷酸盐,但网箱养殖是开放式的养殖系统,因水流交换频繁较难研究其污染特征,所以关于这方面的调查研究很少。近年来,有人尝试在鱼藻养殖系统中,引入贝类形成另一条营养链,以求更进一步完善养殖系统的结构,其中贝类的主要作用是过滤水体中的浮游植物和有机颗粒,形成大量的沉积物为底栖藻类提供营养物质,浮游植物在系统中的作用比较重要,但它的生长易受外界条件变化影响,群落的稳定性较差,因此这种做法有一定的局限性。

国内大型海藻和贝类的综合养殖是生产上应用较多的模式,70 年代中期,贝藻间养和轮养技术得到推广。近年来有报道表明,山东荣成市采用藻贝间养、混养的养殖模式,显著提高了海带的产量和贝类的质量,水质状况良好。相对而言,国内大型海藻和鱼类综合养殖的理论技术还刚刚起步,亟待研究。

一般来说,对一个特定的养殖生态系统,其养殖容量和环境容量是一定的,Haglund 和 Pedersen^[6]在室外半咸水体中对大型海藻和鱼类混养系统的养殖容量作过相关研究,但总的来说,这方面的报道较少,目前大型海藻的养殖容量尚未查明,鱼藻复合养殖系统

的物质循环和能量流动还有待摸索。

参考文献

- 1 杨红生. 清洁生产:海水养殖业持续发展的新模式. 世界科技研究与发展, 2000, 23(1):62-65
- 2 刘家寿, 崔奕波, 刘健康. 网箱养鱼对环境影响的研究进展. 水生生物学报, 1997, 21(2):174-184
- 3 Jones A B, DeNHison W C, Stewart G R. Macroalgal responses to N source and availability: Amino acid metabolic profiling as a bioindicator using *Gracilaria edulis*. J phycol, 1996(32):757-766
- 4 Troell M, Ronnback P, Halling C. Ecological engineering in aquaculture: use of seaweeds for removing nutrients from intensive mariculture. Journal of Applied Phycology, 1999(11):89-97
- 5 Huang Tsu - Chang, Wu Shu - Jie. Restoration of the marine ecological environment productivity and biomass study. Chemistry and Ecology, 1996(12):15-29.
- 6 Haglund K, Pedersen M. Outdoor pond cultivation of the subtropical marine red alga *Gracilaria tenuistipitata* in brackish water in Sweden. Growth, nutrient uptake, cocultivation with rainbow trout and epiphyte control. J appl Phycol, 1993(5):271-284

(本文编辑:刘珊珊)