

盐田生态系统的生物调控*

李岷然 白洁 李永祺 李淑霞

(青岛海洋大学 266003)

提要 借助盐田生态系统结构分析的结果,提出了盐田生态系统生物调控的基本模式,给出了控制变量的控制水平。

关键词 盐田,生态系统,生物调控

* 用生物调控的方法保持盐田生态系统的平衡,因成本低和无毒无害等特点,而成为当今盐业生产中的重要科研课题。

1 生物调控的指导思想

在盐田生态系统中,沿水流的方向分布着不同的生物群落。在养殖区,对虾以人工饵料为食,残饵及对虾排泄物以碎屑的形式加入到卤水中或沉淀到池底,给卤水带来了丰富的氮和磷;低盐区的藻类利用这些氮(N)和磷(P)得以大量繁殖;随水流进入中盐区的浮游单胞藻和有机碎屑被卤虫所滤食;在高盐区,卤虫不能存活,红色嗜盐菌则以卤虫残骸为蛋白源,并消耗上级卤水带来的其他有机质,嗜盐菌最终随老卤排出。

盐田生态系统结构分析的结果表明,嗜盐菌密度解释了氯化钠百分含量变化的 73.1% ($R^2 = 0.731$),而嗜盐菌密度又依赖于上级卤水中的卤虫生物量^[1],因此通过调节卤虫生物量控制嗜盐菌密度进而控制盐质是有效的和可行的,同时卤虫和嗜盐菌又都是重要的生物资源。据此,盐田生态系统生物调控的指导思想应该是以盐为主,分级调控,合理捕捞,综合利用。

以盐为主就是把原盐生产的质量问题放在首位,分级调控就是对不同的亚系统采取不同指导方针的调控措施,合理捕捞就是加强盐田卤虫资源的科学管理,综合利用就是在保证盐质的前提下尽可能地利用好盐田生物资源。

2 生物调控的控制系统

2.1 控制系统的一般模式

文献[1]把盐田生态系统分为 5 个亚系统,并给出了系统变量间的数量关系,据此给出盐田生态系统中生物控制系统的一般模式(如图 1 所示)。该模式把原盐中氯化钠百分含量大于等于 97% 作为生物调控的最终目标,为达此目的对系统进行分级调控,逆水流方向将调控分为 5 级,见图 1。图中以 $i(i = 1, 2, 3, 4, 5)$ 指示调控的级别、控制的对象和位置。

2.2 各级生物调控的模式

2.2.1 一级调控——结晶池(V)嗜盐菌密度的控制 由文献[1]知,嗜盐菌密度($J, \times 10^4$ 个/m³)与原盐中氯化钠(NaCl)百分含量之间有如下关系

$$\text{NaCl}(\%) = 92.80 + 0.035 J - 0.00005 J^2,$$

要使原盐中氯化钠百分含量不低于 97% (即达到优制盐标准),则结晶池嗜盐菌密度的控制方程为:

$$92.80 + 0.035 J - 0.00005 J^2 \geq 97, \text{ 即}$$

$$0.00005 J^2 - 0.035 J + 4.2 \leq 0,$$

解此不等式得:

$$154 \leq J \leq 546,$$

即嗜盐菌密度应控制在 $154 \times 10^4 \sim 546 \times 10^4$ 个/m³。

2.2.2 二级调控——中盐亚生系(IV)的卤虫生物量的控制 由文献[1]知,嗜盐菌密度与中盐亚生系(IV)的卤虫生物量 B 之间有如下关系:

* 国家“八五”攻关项目 85-601-01-10 号。
收稿日期:1998-08-17

$$J = -2.552 + 0.988^S + 1.546^{OC} - 13.124A_V \rightarrow$$

$$\leftarrow + 14.435A_V^2 + 6.879B - 6.691B^2,$$

要使嗜盐菌密度满足一级调控的要求,则中盐亚生态系统(IV)的卤虫生物量的控制方程为:

$$6.691B^2 - 6.879B - 0.988^S - 1.546^{OC} \rightarrow$$

$$\leftarrow - 14.435A_V^2 + 13.124A_V + J + 2.552 = 0,$$

若嗜盐菌密度的控制水平为 350×10^4 个/m³,在盐度 S 为 260,粘多糖含量 OC 和盐藻密度 A_V 取平均值的状态下,上式可简化为:

$$6.69B^2 - 6.88B - 2.7 = 0,$$

解得 $B_1 = 1.33, B_2 = -0.30$,将数据转换成原单位,即中盐亚生态系统(IV)的卤虫生物量的控制水平为 4.6 或 43.3 g/m³。按照调控的指导思想,希望在保证盐质的前提下尽可能多地捕捞卤虫,且由文献[1]知卤虫生物量超过 14.8 g/m³ 时,结晶池嗜盐菌密度将下降,故中盐亚生态系统(IV)出水中卤虫生物量的控制水平为 4.6 g/m³。相应的卤虫捕捞量应按下式计算:

$$\text{捕捞量} = \text{现存量} - \text{控制量}.$$

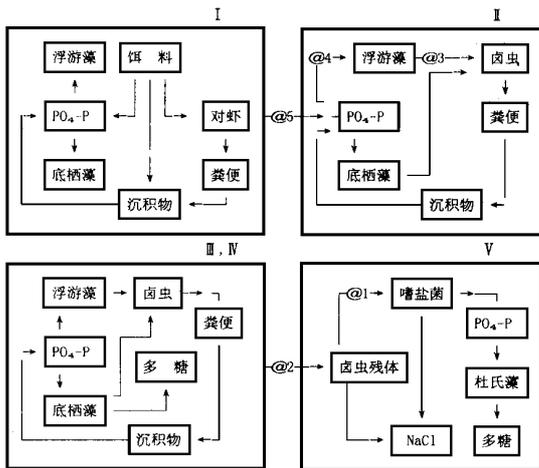


图1 盐田生态系统中的生物控制系统

Fig. 1 The biocontrol system on the salt field ecosystem

2.2.3 三级调控——低盐亚生态系统的卤虫生物量的控制 卤虫的滤食净化作用主要在中盐区,不同年龄卤虫的滤食率和食物粒径组成不同,在可滤食食物不足的情况下,卤虫还会刮食底栖藻破坏垫层,故必须保持中盐区有年龄结构合理并与浮游单胞藻密度相平衡的卤虫种群,这是三级调控的主要任务。

由文献[1]可导出低盐亚生态系统的卤虫生物量的控制方程为:

$$7.30B_{II}^2 - 8.58B_{II} - 0.85_{II}^A - 0.59^{SS} \rightarrow$$

$$\leftarrow - 1.60^S + B_{III} + 3.84 = 0,$$

在藻密度、悬浮物 SS 、盐度、中盐亚生态系统(III)的卤虫生物量已知的条件下,令 $K_1 = 0.85_{II}^A + 0.59^{SS} + 1.60^S - B_{III} - 3.84$,则上式可简化为:

$$7.30B_{II}^2 - 8.58B_{II} - K_1 = 0,$$

低盐区卤虫生物量因受藻密度、多糖含量、溶解氧和悬浮物的影响^[1],有时可能达不到上式所要求的控制水平,需按下式人工补足:

$$\text{投放量} = \text{控制量} - \text{现存量},$$

由文献[1]知低盐区出水中卤虫生物量不宜超过 1.1 g/m³。

2.2.4 四级调控——低盐亚生态系统浮游单胞藻密度的控制 卤虫生物量要求与之相平衡的藻密度,由文献[1],低盐亚生态系统浮游单胞藻密度的控制方程为:

$$0.97A_{II} - 0.42OC^2 + 0.63DO^2 + 0.65SS^2 \rightarrow$$

$$\leftarrow + B_{II} - 0.91 = 0,$$

令 $K_2 = 0.42OC^2 - 0.63DO^2 - 0.65SS^2 - B_{II} + 0.91$,则有:

$$A_{II} = k_2/0.97 (K_2 \geq 0),$$

由于低盐亚生系浮游单胞藻密度主要受水温和磷的影响^[1],要达到上式所要求的控制水平则需按下式计算磷的需要量:

$$1.12^P + 0.47^N + 0.84_{II}^B + 1.38^{PH} - 25.28T^2 \rightarrow$$

$$\leftarrow + 33.80T - A_{II} - 8.07 = 0,$$

令 $K_3 = -0.47^N - 0.84_{II}^B - 1.38^{PH} + 25.28T^2 - 33.80T + A_{II} + 8.07$,则有:

$$P = \ln k_3 / \ln 1.12,$$

若磷不足可通过人工施肥予以补充^[3], PO_4-P 含量不能超过 0.05 mg/L^[2],磷过多很难处理,应以预防为主。

2.2.5 五级调控——养殖区亚生态系统磷含量的控制 养殖区的磷主要来源于海水输入、饵料投入、底质释放、地表径流和大气沉降。科学投饵,增加养殖品种,迅速捕获营养盐,并使之在养殖区亚系统食物网内进行转化是降低卤水磷含量的有效途径,有待进一步研究。

3 盐田生物控制系统的管理

盐田生物控制系统的管理应包括生物控制系统的建立和保持两方面的内容,为此,应作好以下工作。

(1)在盐场内部建立生物控制系统的管理机构。(2)选育优良的嗜盐菌菌株进行实验室培养增殖,以备盐田

接种之需。(3)使用耐低温、耐高盐的优良品系卤虫,在低盐区人工增殖卤虫,可以延长卤虫在盐田中的滞留时间,提高中盐区卤虫大龄个体的数量。加强卤虫资源的管理,做到合理捕捞,即有利于卤水的逐级净化,又有利于增加卤虫产量。(4)在养殖区进行综合养殖,合理安排养殖生物的种类数量,改善工艺,科学投饵,以减少磷的输入,防止卤水富营养化的发生。(5)进行定期监测,做好生物调控。Sammy N. (1985) 特别强调把 pH 作为灵敏的监测指标,认为 pH 大于 8.5

时,会引起一系列的恶果。

参考文献

- 1 李岩然、白洁等。海洋科学,1998,5: 36~ 38
- 2 罗时莹。海湖盐与化工,1995,24(4): 8~ 11
- 3 G. Persoone, *et al.*. The Brine Shrimp Artemia (Vol. 3). Wetteren, Belgium: Universa Press, 1980. 51~ 55

BIOCONTROL ON THE SALT FIELD ECOSYSTEM

LI Kuí-ran BAI Jie LI Yong-qi LI Shu-xia
(Ocean University of Qingdao, 266003)

Received: Aug. 17, 1998

Key Words: Salt field, Ecosystem, Biocontrol

Abstract

Through analysing the structure of salt field ecosystem, the model of biocontrol on the salt field ecosystem is built in this paper. It also studied the controlling level of variables in the system.