

中华绒螯蟹温室育苗的水处理

王 武 颜鸿利

(上海水产大学渔业学院, 200090)

摘 要 通过对生物净化系统处理前后育苗水质指标变化情况的测定,初步探讨了生物净化系统在河蟹育苗过程中对水质的处理效果和应用价值。与传统的育苗工艺相比,应用生物净化系统有机物降解速度快,脱氮效果显著。COD、总氮的平均去除率分别为 33.2%, 55.5%。整个育苗过程 pH 稳定,溶氧丰富,池底无氧债和黑臭。

关键词 中华绒螯蟹,生物净化系统,生态育苗,水质

河蟹工厂化人工育苗技术自 70 年代试验研究成功后[赵乃刚等 1988],经过 20 多年实践,已建立了较为完整的技术体系。但直至目前,育苗失败的例子仍然屡见不鲜。其根本原因在于静水充气育苗工艺中,水质、饵料、病害三大矛盾长期得不到解决。微流水生态育苗是一种崭新的育苗工艺(王武等 1998)。它从生态平衡的角度出发,以育苗池为核心建立一个集约化的半人工生态系统,通过微流水实现“分解者”、“生产者”和“消费者”之间物质和能量的良性循环。生物净化系统技术即是围绕这一育苗工艺,以微生物(菌、藻、原生动物等)和水生植物为净化基础,物理、化学净化相结合的一套水处理系统。本试验对育苗系统的水质进行了连续测定,以求掌握生物净化系统对水质的处理效果和运行机制,为进一步完善生态育苗工艺提供理论依据。

1 材料方法

1.1 育苗温室

试验地点在为海水产大学南汇淡水养殖试验场。育苗温室屋顶装有双层半透明玻璃窗,光线较暗。温室共有 32 个育苗池,每个池体积为 15m^3 ,育苗总水体为 480m^3 。池底设有过滤窗,上罩 GG50 目的筛绢,每个池连有进水龙头、排水管道。池内每隔 1m^2 布一个气泡石,采用 DLB 型层叠式气泵(7.5kW)增氧。

海水利用盐卤和淡水调配,盐度配制到 17, Ca^{2+} 调节到 $250 \pm 20\text{mg/L}$, Mg^{2+} 调整到 $550 \pm 20\text{mg/L}$, $\text{Ca}^{2+}:\text{Mg}^{2+}=1:2.2 \sim 2.5$ 。育苗前期所用饵料以卤虫为主,加少量单胞藻和蛋黄;后期以枝角类为主,辅加少量人工饵料。

上海市教委重点学科研究项目:“现代化多功能育苗温室监控系统的模拟研究”课题的部分研究成果,沪教科鉴字(1998)第 23038 号。

收稿日期: 1998-09-14

(1)王 武,管卫斌,陈 鹏等. 1998. 微流水生态法河蟹育苗水质变化规律及控制的初步研究.

1.2 生物净化系统的结构

生物净化系统结构分为两大部分:空气净化系统和水处理系统。空气净化系统由透明塑料薄膜和高等植物组成。生物净化系统由塑料大棚封闭,可充分吸收光能和保温。棚内放置花卉,可利用 CO₂ 和光能进行光合作用,放出氧气;侧壁开窗同育苗温室相通,可使生物净化系统和温室进行空气交换(图 1)。

水处理系统的结构由沉淀池、过滤池(正滤、反滤)、蓄水曝气池、加温池和排水管道组成。各类池的总面积为 120m²。滤层分两层,下层为 80cm 厚的碎石子,正滤池的石子上层为海绵,以取代普通滤池的细沙,增强过滤作用,水流方向如箭头所示(图 2)。

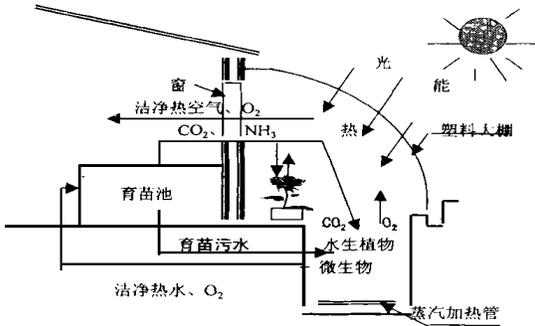


图 1 生物净化系统结构原理示意图

Fig. 1 The principle diagram of biosystem constructure

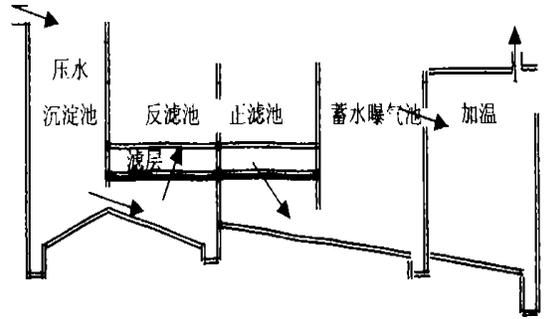


图 2 生物净化系统横断面示意图

Fig. 2 The cross section diagram of water disposal biosystem

1.3 生物净化系统的生物组成

生物净化系统中的生物群是由人为接种的微生物、水生植物和滤池中的固有微生物组成。接种的微生物主要有:玉垒菌 40(又称东江菌,一种高温放线菌)、光合细菌(PSB,红螺菌科)和蜡状芽孢杆菌(SOD,高酶菌株)。

引种的丝状藻类为刚毛藻(*Cladophora* sp)和根枝藻(*Rhizocloium* sp)。

1.4 测定的项目和方法

每天早上 5:30 用采水器取育苗池、沉淀池和蓄水池中水样进行测定。现场测定气温、水温、透明度、盐度。浮游植物和生物膜的生物相用显微镜观察和计数[罗志腾 1988]。溶解氧用 MAIXI ox-11 数字测定仪测定,结合碘量法校正。pH 用 pHS-3C 型精密测定仪测定,可溶化学耗氧量(COD_d)用碱性高锰酸钾法,总氨氮用 Nessler 试剂光度法,NO₂-N 用磺胺-奈乙二胺光度法,NO₃-N 用镉还原法[臧维玲 1991]。中后期水温、溶氧、盐度、pH 等采用自动监控设施进行监测。

2 结果分析

2.1 生物净化系统处理前后的水质变化

图 3 为生物净化系统处理前后三态氮、COD_d 的水质变化曲线。

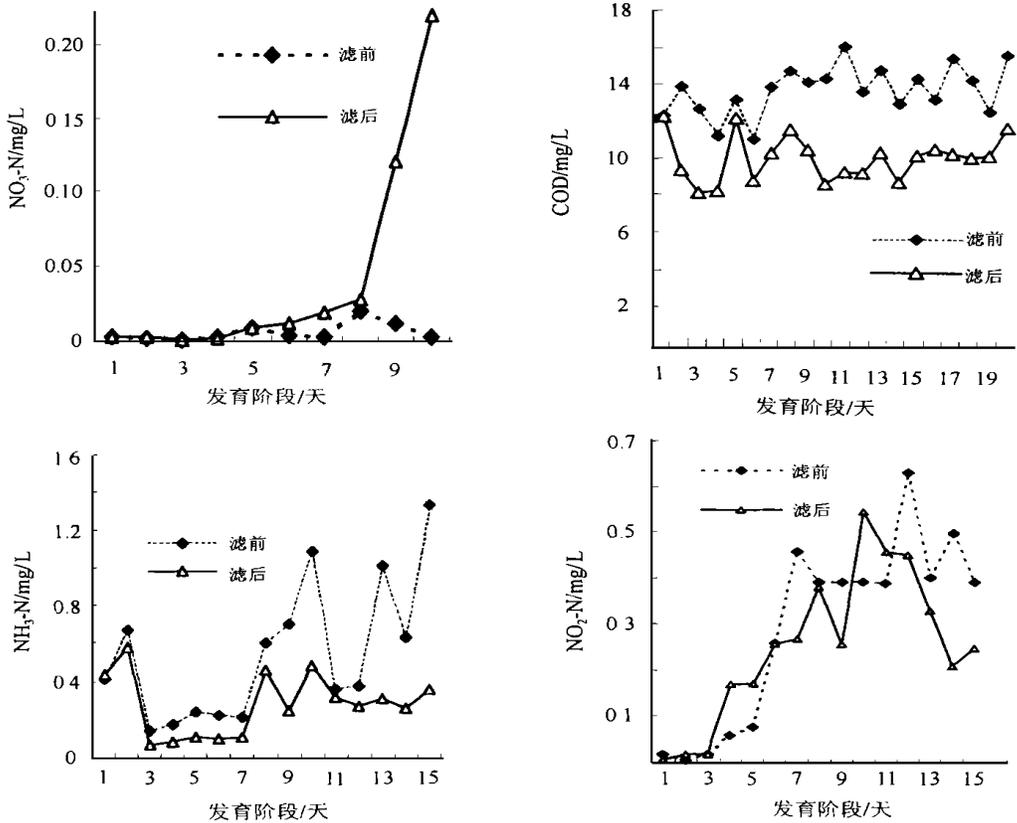


图3 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 COD_d 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 的水质变化曲线

Fig. 3 Change curves of $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 COD_d 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ and $\text{NO}_3\text{-N}$

由图3-a、d可以看出,经生物净化系统处理后水中的 COD_d 的含量明显下降,日平均去除率分别达到55.5%和33.2%。加菌初期,由于玉垒菌和蜡状芽孢杆菌对有机物的降解氨化能力很强,而此时亚硝化细菌数量很少,所以 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 COD_d 略有升高。随着滤床的逐渐成熟和光合细菌等微生物对氨氮的吸收利用, $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 COD_d 的去除率也逐渐增大。育苗后期 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的日平均去除率达到80%, COD_d 达到48%。图3-b、c图5为 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 的变化曲线。由图3-b可以看出,育苗初期 $\text{NO}_2\text{-N}$ 的值较低,这是由于亚硝化和硝化细菌属于自养细菌,增殖速度较慢;随着亚硝化细菌的逐渐增多, $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 的开始积累,水经生物净化系统处理后 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 的含量增加;从育苗第12天开始,经生物净化系统处理后的 $\text{NO}_2\text{-N}$ 含量又开始持续下降, $\text{NO}_3\text{-N}$ 开始积累。整个育苗期间水的 $\text{NO}_2\text{-N}$ 含量呈现“低—高一低”的发展规律。这同生物滤床成熟的一般规律相符合。并且按照一般认为的滤床熟化标准,可认为 $\text{NO}_2\text{-N}$ 持续降低时滤床已经熟化[顾夏声 1985];图中虚线所示的值为育苗池排出水的 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 含量。由图3-b、c也可以看到,由于 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的值较低,相应硝化产生的 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 也低,育苗池中的 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 平均值分别为0.28mg/L和0.02mg/L,最大值低于0.7mg/L和0.24mg/L。

在育苗或集约化养殖生产中,由于分子氨和 $\text{NO}_2\text{-N}$ 的毒性很大[江敏等 1997,雷衍之 1992],所以三态氮的含量一直是反映水质好坏的重要指标。综合图3-a~d可以看出,由于光合细菌、东江菌的加入和丝状藻类的引种,生物净化系统比一般的生物滤池对有机物的矿化

和降解能力大大增强。而且由于光合细菌等微生物和丝状藻类对氨氮的吸收利用[史家梁等 1993, 戴维斯 1989], 水中氨氮的含量大大降低, 相应的 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 的值也维持在较低的水平。因此, 生物净化系统水处理系统对育苗水质的处理效果非常显著。同时, 由于分解微生物的数量和种类的增多, 氮循环途径畅通, 所以滤床成熟期缩短到 11~12 天。如果在幼体放散时才开始运行生物净化系统, 育苗中期会出现 $\text{NO}_2\text{-N}$ 的积累。为了避免这种情况, 可以对滤床进行提前培育。

2.2 两种育苗工艺比较

表 1 为 1996、1998 两年河蟹育苗池的水质变化比较。1996 年孙桥名特水产公司育苗场采用的是传统的静水充气育苗工艺, 育苗中后期主要通过大量换水来改善育苗水质(总换水量达到了 1:6), 水中的氨氮含量很高, 达到 2.9mg/L。藻类生物量较大, 平均为 50 万/mL。而且变化幅度也很大, 最大值达到 86 万/mL, 种类以金藻(*Chromulian* sp)为主。因此水质较差。98 年南汇育苗场采用微流水生态法育苗工艺, 利用生物净化系统处理水质, 基本不换水。氨氮最大值为 1.57mg/L, 平均在 0.6mg/L; 藻类以舟形硅藻(*Navicula* sp)为主, 生物量在 18.9 万/mL 左右, 变化幅度也很小, 水质清新、稳定。表 2 为 96、98 河蟹育苗单位面积产量及变态成活率的比较。从表 2 可以看出, 由于 96 年水质较差, 每一发育阶段的变态成活率都比 98 年低。尤其在 Z_5 变为 M 时, 水质恶化, 幼体体质弱, 变态成活率最低。而利用生物净化系统处理水质, 一方面水质处理效果较好, 分子氨和 $\text{NO}_2\text{-N}$ 的毒性降低; 另一方面由于光合细菌和蜡状芽孢杆菌的加入, 饵料生物基础扩大。而且这些微生物产生的 SOD 酶类可增强幼体的体质和免疫力。因此各发育阶段的变态成活率均在 65% 以上。

表 1 1996 年、1998 年育苗池水质比较

Tab. 1 Comparison of water quality in rearing pond in the years of 1996 1998

	总氨 (mg/L)	$\text{NO}_2\text{-N}$ (mg/L)	$\text{NO}_3\text{-N}$ (mg/L)	COD (mg/L)	溶氧量 (mg/g)	浮游藻类 (万个/mL)
	20 ^{*1}	21	21	18	21	8
1996 年	0.313~2.97 ^{*2} 1.16±0.85 ^{*3}	0.001~0.06 0.02±0.02	0.01~0.38 0.09±0.12	7.60~20.8 16.94±3.28	5.9~7.3 6.8	23.0~86.0 50.88±24.3
	15	17	12	20	20	13
1998 年	0.24~1.57 0.56±0.04	0.01~0.62 0.28±0.073	0.00~0.24 0.017±0.012	8.53~15.21 11.39±0.9	6.2~8.1 7.6	6.0~28.0 18.9±0.8

注: 1996 年 t 20.6~24.6℃; 1998 年 t 20.1~24.2℃, *1 为样本数, *2 为变化范围, *3 为平均值。

表 2 1996 年、1998 年单位面积产量及变态率比较

Tab. 2 Comparison of percent area yields and metamorphosis rates in the year of 1996 1998

发育阶段	1996 年		1998 年	
	存苗量(万个/m ²)	变态率(%)	存苗量(万个/m ²)	变态率(%)
Z_1	7.1		6.7	
Z_2	5.0	70.4	6.2	92
Z_3	1.9	38	5.9	95
Z_4	0.7	36.8	5.2	88.1
Z_5	0.4	57.1	4.7	90.4
M(2 日龄)	0.1	25	3.1	65.9

3 讨论

3.1 生物净化系统的作用原理

生物净化系统是一种人为构建的、以微生物和植物为净化基础,物理净化、化学净化相结合的高效环境(水环境和空气环境)处理系统。其基于生态平衡原理,采用生物净化系统加上育苗温室的新工艺,弥补了传统的育苗温室只注重动物饲养,而忽视微生物和植物生长的缺陷。新工艺人为扩大了分解者和生产者的种类和数量,强化分解者,促进生产者,从而打破生态系统的两个瓶颈(图 4),疏通物质循环途径,使污染物得到及时的降解和转化,以保持生态平衡。生物净化系统包括水处理和空气净化两个系统,空气净化系统通过开窗与温室相连,水处理系统通过循环水和温室苗池相连。温室所产生的有机物、氨氮、 CO_2 等通过微流水和空气对流进入生物净化系统,一部分供植物直接吸收利用,另一部分被分解者降解产生大量营养盐类;植物通过光合作用,吸收大量营养盐类和 CO_2 ,放出氧气,使空气得到净化;有机污水被水处理系统净化。经生物净化系统处理后,溶氧高的净化热水和氧气含量高的热空气又可以再次进入温室(图 1)。这样,生物净化系统和育苗温室既相互独立,以满足动物和植物对环境的不同要求;又通过循环微流水和温室窗户相互联系,互惠互利。从而避免了单独由育苗温室所构成的生态系统的失衡。

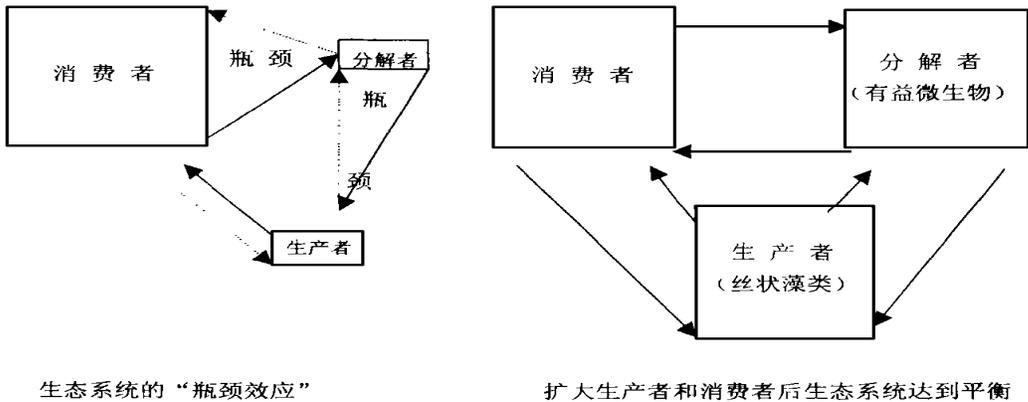


图 4 瓶颈效应示意图
Fig. 4 The effect of bottleneck

3.2 关于分解者问题

人为的调节生态系统,必须满足两个基本条件:一是“无害”,即不对原来系统的微生态环境造成破坏。二是“有益”,即接种的微生物能够与原有的微生物协调作用,互利共生。本试验在生物净化系统的构建过程中,充分考虑了这两个条件,筛选了几种适应性强、具有较强分解能力的光合细菌(PSB)、东江菌(S40)和蜡状芽孢杆菌(SOD)。东江菌是一种以高温放线菌为主的混合菌群,能够和原有的一些异养微生物协同作用,将高分子有机物(蛋白质、脂肪等)降解成小分子物质(肽、氨基酸、低级脂肪酸等),从而避免了大量有机物在池底的沉积,是一种优良的底质改良剂。光合细菌对污染水质有较好的处理效果,这一点已被大多数人所公认[王育锋 1993]。光合细菌(尤其是红螺菌科的菌群),能够通过光能磷酸化作用利用低分子有机物作为供氢体。另外,史家梁等[1993]曾作过应用光合细菌进行豆制品废水的试验,证明光合细菌还可以有很好的脱氮效果。因此,光合细菌是一种优良的水质改良剂。蜡状芽孢杆菌作为

一种高效的氨化细菌,是废水处理中活性污泥的主要成分[罗志腾 1988]。它可以通过脱氨基作用分解有机物,放出氨;同时,它所产生的超氧歧化酶和过氧化氢酶可以有效清除蚤状幼体体内的自由基,增强幼体的体质和免疫力。这也是本试验中幼体变态成活率高的重要原因之一。

3.3 关于生产者问题

在生物净化系统内必须重视水生植物的培养。对系统的生产者进行强化,使微生物分解产生的营养盐类能及时吸收利用,以进行脱氮和产氧。一般的废水处理脱氮,是通过厌氧反硝化作用进行[徐亚同 1996]。而在育苗系统中,厌氧条件很难得到满足。因此只能采取植物脱氮的方法。但浮游藻类繁殖快,生物量不易控制,过度繁殖反而会败坏水质。因此,本试验引种了刚毛藻和根枝藻。这两种藻类的优点是具有广盐性,适应能力强,生长迅速。由于生物净化系统内光线充足,水温较高,这些是丝状藻类繁殖极为迅速,脱氮效果显著,而且过多的丝状藻类也便于捞取,生物量容易控制。但这两种丝状藻类繁殖时会产生大量孢子,分生的孢子通过循环水进入育苗池,在光照强的温室中,附着在蚤状幼体上增殖。因此,拟引种高等的经济藻类,如江篱、裙带菜等为佳。

参 考 文 献

- 王育锋. 1993. 利用光合细菌提高淡水养殖池塘生态能量转化效率. 水产学报, 17(3), 253~256
 达维斯. 1989. 海洋植物学. 厦门: 厦门大学出版社. 75~108
 史家梁, 徐亚同, 张圣章. 1993. 环境微生物学. 上海: 华东师范大学出版社. 272~296
 江敏, 臧维玲, 戴雪林等. 1997. 亚硝酸盐和氨对河蟹 蚤状幼体的毒性研究. 水产科技情报, 24(3): 126~131
 罗志腾(主编). 1998. 水污染控制工程微生物学. 北京: 科学技术出版社. 215~218 赵乃刚, 堵南山, 包祥生等. 1988. 河蟹的人工繁殖与增养殖. 合肥: 安徽科技出版社. 201~208
 顾夏声等. 1985. 《水处理工程》. 北京: 清华大学出版社. 87~160
 徐亚同. 1996. 废水中氮磷的处理. 上海: 华东师范大学出版社. 23~27
 梅志平(译). 循环过滤设备的维护和管理. 水产科技情报, 18(2): 17~19
 雷衍之. 1992. 淡水养殖水化学. 南宁: 广西科技出版社. 83~104
 臧维玲. 1991. 养鱼水质分析. 北京: 农业出版社. 44~96

STUDY ON TECHNIQUE OF WATER PURIFICATION FOR *ERIOCHEIR SINENSIS*' S ARTIFICIAL BREEDING IN GREENHOUSE

WANG Wu, YAN Hong-Li

(College of Fisheries, Shanghai Fisheries University, 200090)

ABSTRACT The experiments were conducted to research biofilter's purifying ability. Several water quality indexes were tested in *Eriocheir sinensis*' s larvae rearing pond to know the treatment effect. Compared with other treatment methods in traditional breeding, biofilter is more efficient in water purification. The removal rate of COD was 55.5%, the removal rate of ammonia-N was 33.2%. During the breeding process, pH was stable and DO was abundant. There were no DO debt and stink in rearing pond.

KEYWORDS *Eriocheir sinensis*' , Biofilter, Ecological-breeding, Water-quality