

东太湖河蟹围网生态养殖对水环境的影响^{*}

吴 伟 吴婷婷^{**} 何 杰 范立民

(中国水产科学研究院淡水渔业研究中心 无锡 214081)

摘 要 在 2004 年春季平水期到秋季枯水期间对东太湖河蟹围网生态养殖区的水环境进行了调查与监测。结果发现,水源对照区的水质主要超标项目为总 N 和总 P,表明污染物主要是植物营养性元素。在东太湖围网养殖区中,水质主要超标项目为 pH 值和总 P。生态养殖区的水质虽有超标,但超标幅度明显低于对照区的水源水。调查同时发现,河蟹生态养殖区因栽有大量的水草,对 N、P 的吸收比较充分,故生态养殖区的 N、P 在养殖周期中的变化较对照区小。总体而言,生态养殖区的水质明显优于水源对照区,达到地表水环境质量标准中的三级标准和渔业水质标准。

关键词 东太湖 围网 水产养殖 生态 河蟹 环境

Influences of crab eco-culture in net-enclosures in East Taihu Lake on water environment. WU Wei, WU Ting-Ting, HE Jie, FAN Li-Min (Freshwater Fisheries Research Center, Chinese Academy of Fisheries Science, Wuxi 214081, China), *CJEA*, 2007, 15(2): 140~146

Abstract On the basis of on-the-spot survey and analysis of water quality in different crab eco-culture sections from April to November of 2004, the influences of crab eco-culture in net-enclosures in East Taihu Lake on water environment were appraised. The results indicate that in the control sections of water resources areas, the main factors which are beyond the standard of fishery water quality are total nitrogen content (TN) and total phosphor content (TP), but in the eco-culture sections the factors over the standard are pH and TP. So the water in the control sections is polluted by nutrient salts. The investigation also indicates that there are a lot of aquatic weeds in the eco-culture sections resulting in that the nutrient contents are much lower than those in the control sections. The results show that the crab eco-culture in net-enclosures in East Taihu Lake does not tamper with the water environment. The water quality in eco-culture sections accords with the demands of "Fishery Water Quality Standards" or "Surface Water Quality Standards III", and is better than that in the comparison sections.

Key words East Taihu Lake, Net-enclosure, Aquaculture, Ecology, Crab, Environment

(Received Feb. 23, 2005; revised June 17, 2005)

中国是世界上水产养殖第一大国,水产品不仅为我国人民生活提供了丰富的蛋白质资源,而且在我国粮食安全保障体系中起着重要的作用^[1]。近年来,我国的水产养殖业逐步向名特优水产品的养殖转化发展。河蟹作为一种优质的水产资源和养殖品种,因其独特的风味、营养和经济价值而越来越受到广大水产业者的青睐,太湖流域尤其是江苏省因出产优质河蟹而全国闻名。采用池塘、湖泊围网进行河蟹养殖,使江苏省 2004 年的河蟹产值历史性地达到 100 亿元,为该地区“三农”问题的解决提供了良好的途径。但在倡导河蟹养殖的同时,一些不合理的养殖模式影响了河蟹养殖健康良性的发展。渔业科研和管理部门已充分认识到为使河蟹养殖可持续发展,必须坚持发展河蟹养殖和保护生态环境同步进行。为了促进太湖流域生态养殖发展,保护水域生态环境,中国水产科学研究院淡水渔业研究中心在江苏省苏州东太湖建立了围网生态养殖河蟹示范区。在水体的环境承载力许可下进行低密度养殖,养殖生物生长所需的营养尽可能取自水体生态系统本身,减少外源性饵料的投入,避免使用鱼用药物,并利用生态系统中各级生物的自净作用对养殖水质进行生物修复。为了评判河蟹生态养殖对周围水环境的影响,本研究于 2004 年 4~11 月对示范区进

^{*} 农业部跨越计划项目“优质河蟹标准化生产体系示范”(2003-5)资助

^{**} 通讯作者

收稿日期:2005-02-23 改回日期:2005-06-17

行了全方位的水环境调查和监测,以便为渔业生产、管理和科研部门提供依据。

1 试验材料与方法

河蟹生态围网养殖区位于东太湖的北侧,水域面积为 271.7hm²。围网用聚乙烯材料制成,网目为 12mm,设有地垄等防逃措施。单个围网面积 3.3~6.7hm²,水深 1.5~1.8m,每个围网区有宽约 100m 的航道作为间隔。生态养殖区面积占整个东太湖的 8.33%,其余 91.67%的外湖区保持自然状态。

东太湖水环境现状调查的站点共设置 6 个。1~6 号点具体地理位置分别为:1 号 N31°02'164"、E120°26'571",2 号 N31°02'586"、E120°26'778",3 号 N31°02'057"、E120°26'901",4 号 N31°01'712"、E120°27'173",5 号 N31°02'230"、E120°27'431",以上 5 点均为湖泊围网养殖区;6 号 N31°00'544"、E120°27'548",为东太湖太浦河口的水源对照区。调查点位置采用 GPS 全球卫星定位仪定位。

根据河蟹的养殖周期、生长规律以及季节和水量的变化,水环境现状调查的时间在 2004 年的 4~11 月,每月 1 次,调查在下午 14:30~16:50 进行。

水环境现状调查项目主要有水质基本理化指标,包括水温、pH、透明度、硬度、钙(Ca²⁺)和镁(Mg²⁺)含量;水质营养元素和富营养化指标,包括总 N(TN)、氨态氮(NH₄⁺-N)、亚硝态氮(NO₂⁻-N)、硝态氮(NO₃⁻-N)、总 P(TP)、磷酸盐磷(PO₄³⁻-P)和叶绿素 a(Chla);水质有机污染指标,包括高锰酸盐指数(COD_{Mn})、溶氧(DO)和硫化物(S²⁻)。水质具体测定方法见文献[2,3]。上述水质项目中 pH、DO、水温和透明度在现场分析测定,其他项目采集水样后带回实验室分析。水样为有机玻璃采水器在水面下 50cm 处采集,采样方法见文献[2],测叶绿素的水样采用碳酸镁固定,测硫化物的水样用乙酸锌固定,测总 N 和总 P 的用氯仿固定,其余水样用硫酸固定。所有水样带回实验室后存于 4℃ 冰箱,在 48h 内分析测试完毕。河蟹生态养殖区水环境现状调查的评价标准采用渔业水质标准(GB11607—89)^[4]和地表水环境质量标准(GB3838—2002)中的Ⅲ级标准^[5](表 1)。

表 1 水质评价标准

Tab.1 Quality criteria for water

标准 Quality criteria	pH	DO/mg·L ⁻¹	TN/mg·L ⁻¹	NH ₄ ⁺ -N/mg·L ⁻¹	TP/mg·L ⁻¹	S ²⁻ /mg·L ⁻¹	COD _{Mn} /mg·L ⁻¹
渔业水质标准 (GB11607—89)	6.5~8.5	>5	—	—	—	<0.2	—
地表水环境质量标准(GB 3838—2002)的Ⅲ级标准	6~9	>5	<1.0	<1.0	<0.05	<0.2	<6

2 结果与分析

2.1 河蟹生态养殖模式的确立

河蟹生态养殖模式主要是采用水草和活饵作为生态调节因子,辅以河蟹二级放养的养殖方式。每年年底成蟹起捕后对围网区内的水草种类、数量以及底栖生物进行生态调节。根据河蟹脱壳生长特性,建成以沉水植物为主的生态群落,以利于河蟹攀附、隐蔽、摄食、栖息等。适宜的沉水植物种类主要包括轮叶黑藻(*Hydrilla verticillata*)、伊乐藻(*Elodea canadensis*)、苦草(*Vallisneria spiralis*)、金鱼藻(*Ceratophyllum demersum*)等品种,狸尾藻(*Myriophyllum spicatum*)、睡莲(*Nymphaea tetragona*)等应予以去除。水草常年最低覆盖率不应低于 60%,6~9 月不低于 70%,低于该数值要及时补种,过多时收割耙出。河蟹生态养殖区全年的水草变动情况详见表 2。

表 2 河蟹生态养殖区水草的月变化情况

Tab.2 Monthly variation of submersed macrophytes in the crab eco-culture sections

月份 Months	伊乐藻 <i>Elodea canadensis</i>		轮叶黑藻 <i>Hydrilla verticillata</i>		苦草 <i>Vallisneria spiralis</i>		金鱼藻 <i>Hornwort demersum</i>		总生物量/g·m ⁻² Total biomass	水草覆盖率/% Coverage rate of aquatics
	生物量/g·m ⁻² Biomass	株高/cm Height	生物量/g·m ⁻² Biomass	株高/cm Height	生物量/g·m ⁻² Biomass	株高/cm Height	生物量/g·m ⁻² Biomass	株高/cm Height		
03~04	505	38	—	—	—	—	—	—	520	50
05~06	995	99	1475	82	305	41	—	—	2815	85
07~09	1485	155	1970	151	585	56	—	—	4180	80
10~11	—	—	—	—	—	—	935	36	1135	50

活饵主要采用湖中天然的活螺蛳 (*Margarya melanioides*)。活螺蛳于 2 月和 6 月分两次投入围网内,每次投放数量为 $4500\text{kg}/\text{hm}^2$, 不仅可作为河蟹的活饵料, 而且可增殖围网生态区底栖生物的资源, 起到减少外源饵料的投入, 平衡河蟹的摄食量, 减少河蟹对水草过度摄食的作用。活螺蛳还可摄取湖底的有机质, 减少底质氧化分解对水质的影响。

在每个围网区内围出 1/5 面积作为 3 月初扣蟹的暂养区, 即一级饲养, 蟹种为经过选育的长江水系种群, 而其余 4/5 围网水面作为水草培育区。扣蟹在 5 月中旬脱壳 1~2 次后体重已增至原来 1 倍以上, 此时水草也已长至 50cm 左右并铺满了湖底, 可撤除一级围网进行二级饲养, 直至养成。

2.2 不同时期河蟹生态养殖区水环境调查及现状评价

河蟹生态养殖区在 2004 年的春季平水期、夏季丰水期和秋季枯水期的水环境质量详见表 3~表 5。

表 3 2004 年春季(4~5 月)平水期河蟹生态养殖区和对照区各水化学要素特征

Tab.3 Characteristics of hydrochemistry in different crab culture areas and control area in spring of 2004

项 目		调查站点 Investigation positions					
Items		1 号	2 号	3 号	4 号	5 号	6 号
		No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6
水温/ $^{\circ}\text{C}$	变 幅	18.5~28.0	18.5~29.0	18.5~28.0	18.5~28.0	18.5~28.0	18.0~27.0
	平均值	23.3	23.8	23.3	23.3	23.3	22.5
pH	变 幅	8.50~8.82	8.50~8.68	8.40~8.56	8.40~8.68	8.40~8.61	8.20~8.00
	平均值	8.66	8.59	8.48	8.54	8.51	8.10
$\text{DO}/\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	变 幅	7.02~8.92	7.24~8.61	7.12~8.89	7.02~8.61	7.12~8.58	6.48~6.48
	平均值	7.97	7.93	8.01	7.82	7.85	6.48
透明度/cm	变 幅	62~78	58~96	91~95	94~96	94~104	76~78
	平均值	70	77	93	95	99	77
$\text{NH}_4^+-\text{N}/\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	变 幅	0.06~0.26	0.03~0.48	0.15~0.18	0.15~0.23	0.09~0.30	0.15~4.05
	平均值	0.16	0.26	0.17	0.19	0.20	2.10
$\text{NO}_2^--\text{N}/\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	变 幅	0.0009~0.0036	0.0008~0.0018	0.0009~0.0068	0.0012~0.0019	0.0005~0.0008	0.0019~0.0023
	平均值	0.0023	0.0013	0.0039	0.0016	0.0007	0.0021
$\text{NO}_3^--\text{N}/\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	变 幅	0.005~0.012	0.0063~0.0077	0.005~0.011	0.0036~0.014	0.0125~0.017	0.023
	平均值	0.0085	0.0070	0.008	0.009	0.0148	0.023
$\text{TN}/\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	变 幅	0.54~0.68	0.45~0.99	0.40~0.48	0.45~0.61	0.65~0.79	0.40~4.26
	平均值	0.61	0.72	0.44	0.53	0.72	2.33
$\text{TP}/\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	变 幅	0.012~0.093	0.010~0.086	0.010~0.137	0.012~0.082	0.015~0.086	0.082~0.096
	平均值	0.053	0.048	0.074	0.047	0.051	0.089
$\text{PO}_4^{3--}\text{P}/\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	变 幅	0.0011~0.072	0.0009~0.056	0.008~0.108	0.0010~0.044	0.0010~0.046	0.001~0.009
	平均值	0.037	0.028	0.054	0.023	0.024	0.005
$\text{S}^{2-}/\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	变 幅	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	平均值	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
$\text{COD}_{\text{Mn}}/\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	变 幅	2.88~3.01	2.72~3.14	2.76~3.25	2.72~3.20	2.68~3.14	3.54~3.76
	平均值	2.95	2.93	3.01	2.96	2.91	3.65
硬度/ $\text{mg}(\text{CaO})\cdot\text{L}^{-1}$	变 幅	57.8~70.8	56.1~70.8	59.4~72.4	57.8~71.3	55.5~72.4	69.0~70.0
	平均值	64.3	63.5	65.9	64.6	64.0	69.5
$\text{Ca}^{2+}/\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	变 幅	22.0~28.5	24.1~28.6	24.1~27.6	22.0~28.9	22.0~27.6	30.4~30.4
	平均值	25.3	26.3	25.9	25.5	24.5	30.4
$\text{Mg}^{2+}/\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	变 幅	11.5~13.1	10.6~13.1	11.0~14.4	11.5~13.2	11.0~14.4	11.5~11.5
	平均值	12.3	11.9	12.7	12.4	12.7	11.5
$\text{Chl a}/\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	变 幅	1.236~3.748	1.314~3.629	1.208~3.458	1.326~3.428	1.286~3.264	2.265~7.435
	平均值	2.492	2.472	2.333	2.377	2.275	4.850

表4 2004年夏季(6~8月)丰水期河蟹生态养殖区和对照区各水化学要素特征

Tab.4 Characteristics of hydrochemistry in different crab culture areas and control area in summer of 2004

项 目 Items		调查站点 Investigation positions					
		1号 No.1	2号 No.2	3号 No.3	4号 No.4	5号 No.5	6号 No.6
水温/ $^{\circ}\text{C}$	变 幅	30.0~33.0	31.0~33.5	30.0~33.1	30.0~33.2	30.0~32.7	28.0~31.9
	平均值	32.0	32.5	31.8	31.7	31.4	30.5
pH	变 幅	8.8~9.3	8.7~9.6	8.9~9.6	7.7~9.7	8.8~9.1	8.3~9.1
	平均值	9.0	9.1	9.3	8.9	9.0	8.8
$\text{DO}/\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	变 幅	8.66~12.8	8.78~14.7	10.5~15.3	8.67~11.7	8.65~12.7	7.80~11.0
	平均值	10.58	11.61	12.4	10.4	11.0	9.03
透明度/cm	变 幅	91~125	95~121	95~122	87~124	93~127	86~124
	平均值	105.3	106.7	109.3	105.3	108.7	99.7
$\text{NH}_4^+-\text{N}/\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	变 幅	0.08~0.14	0.08~0.15	0.09~0.15	0.07~0.14	0.08~0.15	0.09~0.32
	平均值	0.11	0.12	0.11	0.11	0.11	0.19
$\text{NO}_2^--\text{N}/\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	变 幅	0.03~0.052	0.02~0.05	0.04~0.045	0.01~0.06	0.02~0.045	0.062~0.12
	平均值	0.041	0.039	0.042	0.036	0.032	0.084
$\text{NO}_3^--\text{N}/\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	变 幅	0.011~0.018	0.006~0.025	0.010~0.020	0.012~0.025	0.012~0.020	0.010~0.022
	平均值	0.014	0.014	0.014	0.017	0.016	0.015
$\text{TN}/\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	变 幅	0.25~0.32	0.25~0.42	0.25~0.32	0.22~0.42	0.24~0.30	0.28~1.01
	平均值	0.28	0.32	0.28	0.30	0.26	0.54
$\text{TP}/\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	变 幅	0.062~0.065	0.05~0.080	0.050~0.050	0.045~0.065	0.045~0.055	0.060~0.078
	平均值	0.064	0.062	0.050	0.054	0.050	0.071
$\text{PO}_4^{3--}\text{P}/\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	变 幅	0.001~0.006	0.0008~0.012	0.0010~0.006	0.001~0.008	0.001~0.006	0.005~0.006
	平均值	0.003	0.0053	0.003	0.004	0.003	0.005
$\text{S}^{2-}/\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	变 幅	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	平均值	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
$\text{COD}_{\text{Mn}}/\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	变 幅	3.45~4.78	3.25~4.32	3.15~3.84	2.86~3.98	2.72~3.84	2.57~5.60
	平均值	3.98	3.94	3.58	3.49	3.37	3.84
硬度/ $\text{mg}(\text{CaO})\cdot\text{L}^{-1}$	变 幅	53.8~60.8	52.7~60.8	51.6~68.4	54.9~64.6	57.2~70.8	58.3~62.8
	平均值	58.0	56.9	59.8	60.4	63.2	60.6
$\text{Ca}^{2+}/\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	变 幅	26.4~28.8	24.8~32.1	19.2~26.4	26.5~28.8	21.6~28.9	27.6~29.7
	平均值	27.6	28.2	23.7	27.5	26.5	28.7
$\text{Mg}^{2+}/\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	变 幅	9.6~10.7	9.6~11.2	9.72~14.1	10.2~11.8	9.23~13.0	9.60~9.72
	平均值	10.0	10.2	11.5	11.0	11.1	9.68
$\text{Chl a}/\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	变 幅	1.52~4.32	1.63~5.43	1.54~4.18	1.48~5.28	1.47~4.22	2.01~8.77
	平均值	2.56	2.90	2.44	2.78	2.44	4.62

表 5 2004 年秋季(9~11 月)枯水期河蟹生态养殖区和对照区各水化学要素特征

Tab.5 Characteristics of hydrochemistry in different crab culture areas and control area in autumn of 2004

项 目 Items		调查站点 Investigation positions					
		1 号 No.1	2 号 No.2	3 号 No.3	4 号 No.4	5 号 No.5	6 号 No.6
水温/ $^{\circ}\text{C}$	变 幅	24.0~26.5	24.2	23.7~24.7	23.1~24.8	22.1~23.8	22.3~23.8
	平均值	25.4	24.2	24.1	23.9	23.0	23.1
pH	变 幅	7.50~7.80	7.60	7.40~8.00	7.50~8.00	7.70~7.70	7.70~7.90
	平均值	7.67	7.60	7.67	7.67	7.70	7.77
$\text{DO}/\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	变 幅	6.05~7.03	6.68	6.22~7.51	5.66~7.23	6.35~7.32	7.50~7.93
	平均值	6.59	6.68	6.79	6.66	6.98	7.68
透明度/cm	变 幅	74~142	127~127	73~127	73~95	43~115	76~114
	平均值	105	127	100	85	81	96
$\text{NH}_4^+-\text{N}/\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	变 幅	0.06~0.23	0.07	0.06~0.20	0.09~0.18	0.08~0.26	0.12~0.18
	平均值	0.17	0.07	0.15	0.14	0.16	0.15
$\text{NO}_2^--\text{N}/\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	变 幅	0.001~0.022	0.001	0.001~0.025	0.001~0.030	0.001~0.716	0.003~0.015
	平均值	0.015	0.001	0.015	0.016	0.246	0.009
$\text{NO}_3^--\text{N}/\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	变 幅	0.016~0.032	0.020	0.012~0.029	0.015~0.032	0.016~0.036	0.008~0.031
	平均值	0.021	0.020	0.020	0.022	0.024	0.020
$\text{TN}/\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	变 幅	0.18~0.57	0.20	0.22~0.47	0.21~0.45	0.18~1.99	0.25~0.46
	平均值	0.42	0.20	0.38	0.35	0.87	0.35
$\text{TP}/\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	变 幅	0.036~0.048	0.038	0.038~0.044	0.036~0.045	0.033~0.050	0.028~0.040
	平均值	0.041	0.038	0.041	0.040	0.040	0.034
$\text{PO}_4^{3-}-\text{P}/\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	变 幅	0.001~0.016	0.006	0.001~0.011	0.001~0.016	0.001~0.020	0.001~0.008
	平均值	0.008	0.006	0.006	0.009	0.009	0.005
$\text{S}^{2-}/\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	变 幅	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	平均值	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
$\text{COD}_{\text{Mn}}/\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	变 幅	3.65~5.56	3.84	3.78~5.26	4.02~5.64	3.96~5.48	3.76~5.34
	平均值	4.48	3.84	4.45	4.80	4.71	4.39
硬度/ $\text{mg}(\text{CaO})\cdot\text{L}^{-1}$	变 幅	76.2~79.6	75.7	75.7~79.2	76.3~78.4	76.2~79.6	76.3~86.2
	平均值	77.4	75.7	77.1	77.0	77.5	78.3
$\text{Ca}^{2+}/\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	变 幅	36.0~39.0	38.0	38.0~40.1	38.4~42.0	36.8~42.0	38.4~42.0
	平均值	37.8	38.0	38.8	40.0	39.4	40.4
$\text{Mg}^{2+}/\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	变 幅	9.72~11.2	9.60	9.60~10.0	9.72~10.2	9.96~10.8	9.72~10.3
	平均值	10.7	9.60	9.78	9.87	10.4	9.99
$\text{Chl a}/\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	变 幅	3.54~3.78	3.58	3.26~3.84	3.84~5.12	3.76~3.92	3.22~5.08
	平均值	3.65	3.58	3.52	4.27	3.82	4.17

由表 3 可知,在 2004 年春季(4~5 月)平水期,对照区水质的主要超标项目为总 N 和总 P,属植物营养性元素污染。此时水温尚低,水中浮游植物的光合作用较弱,在经历了一个冬季之后水体中各种营养元素的储备比较丰富。生态养殖区的主要超标项目为 pH 和总 P。pH 的超标是由于养殖区种植了大量水草,水草覆盖率达 50%以上,同时水位较浅,水体透明度较大,阳光可直射水底,故水草的光合作用导致水体中 CO_2 大量消耗,pH 上升。但这种 pH 的改变并非是永久性的,随着光线的强弱会产生昼夜变化。水草光合作用的直接效果是水体 DO 的增加,水中各种营养性元素被大量吸收,水质可达到地表水 III 级标准。需指出的是,养殖区的水质硬度和 Ca、Mg 离子含量低于水源对照区,这与河蟹和水草生长从水体中吸收 Ca、Mg 有一定的关系。因此在养殖前期,生态养殖区的水质总体上好于对照区,只是硬度偏低和 pH 会产生波动,但

不会对外界水环境产生负面影响。

由表4可见,在2004年夏季(6~8月)丰水期,对照区水质的主要超标项目为总N、总P和pH,表明水源水质仍属植物营养性元素污染。生态养殖区的超标项目为pH和总P。pH的超标同样是水生植物的光合作用所致。由于水草的大量存在(覆盖率达80%以上),水体DO含量较春季明显上升,有时甚至达到过饱和。水体中各种营养性元素被大量吸收,营养盐含量和种类比对照区小。但由于高温季节生物的代谢增强及饵料的投入量有所加大,养殖区仍有部分总P超标。从叶绿素a这一指标看,养殖区明显低于对照区($P < 0.01$),表明养殖区藻类种群密度和富营养化程度比对照区小得多。养殖区的硬度和Ca、Mg离子水平与对照区已基本接近,这与夏季饵料较为丰富,河蟹可从多种渠道吸收Ca、Mg有关。总之,生态养殖区水质总体上好于对照区,可达到地表水Ⅲ级标准。

从表5可以看出,在2004年秋季(9~11月)枯水期,对照区和养殖区的水质无超标现象。此阶段水质虽不超标,但 COD_{Mn} 等指标总体上较夏季有所增加,这与河蟹的活动有关。由于养殖已处在后期或已进入收获期,养殖水体中的水草面积大量减少,水草开始死亡,其对水质的生物净化作用日益降低。因此须对养殖后期的水质动态加以关注,合理安排好后期的养殖作业。但此时养殖区的水质仍符合地表水Ⅲ级标准。秋季枯水期生态养殖区水质硬度及Ca、Mg与水源对照区已无区别,表明养殖过程中河蟹对水中Ca、Mg的吸收主要在中前期。

2.3 不同时期河蟹生态养殖区水质无机氮磷的动态变化

众所周知,N、P是水生生态系统中浮游植物的基础营养元素,其存在形式和数量决定了水体的初级生产力,与水生生物的生命循环有密切关系。在水产养殖中,适量的N素有效形式维护着水体的生态平衡,但高浓度的N、 NH_4^+-N 或 NO_2^--N 不仅可直接危害养殖生物,同时也是引起其发生暴发性病害的直接或间接的因素。从本次调查可见,水体的主要超标污染物为总N和总P,但由于水质无机氮、磷目前还未有明确的水质标准,无法对其进行评价。因此对不同时期河蟹生态养殖区无机氮(NH_4^+-N 、 NO_2^--N 和 NO_3^--N)和磷($PO_4^{3--}P$)的动态变化进行分析,以了解其对水质的影响。水质无机氮磷的变化见图1(a~d)。

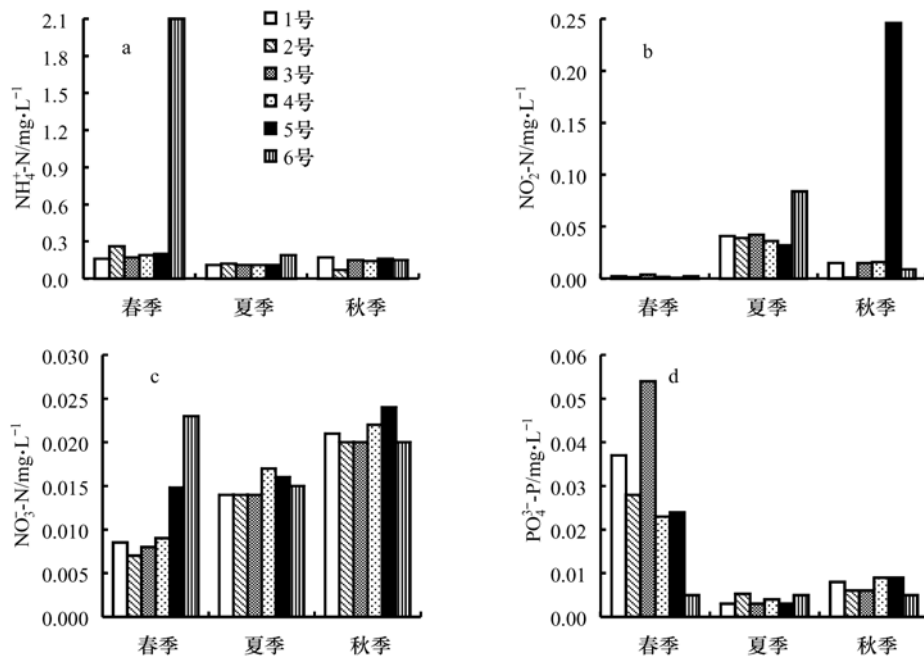


图1 不同时期水体中 NH_4^+-N (a)、 NO_2^--N (b)、 NO_3^--N (c)和 $PO_4^{3--}P$ (d)含量

Fig.1 The Contents of NH_4^+-N (a), NO_2^--N (b), NO_3^--N (c) and $PO_4^{3--}P$ (d) in the lake water during different seasons

由图1a可见,对照区水质 NH_4^+-N 的变化趋势是春季>夏秋季。因春季水温较低,水生生物的代谢率较低,对 NH_4^+-N 的吸收利用较少,水质 NH_4^+-N 含量较高。随着水温上升,光合作用加剧, NH_4^+-N 含量逐渐下降。养殖区因栽有大量水草, NH_4^+-N 含量在春夏秋3季基本维持在一定的水平,变化不大,且含量总是低于对照区,可见水生植物在水体 NH_4^+-N 的吸收利用方面有着重要作用。

图 1b 为水质 NO_2^- -N 的变化。无论是对照区还是养殖区,水体中 NO_2^- -N 的含量在夏季最高,在春秋季节则较低,这与水体中亚硝化细菌的分布有直接关联。据报道^[6],天然水体中亚硝化细菌含量在夏季最高。亚硝化细菌是以 NH_4^+ -N 为底物,将 NH_4^+ -N 转化为 NO_2^- -N 的一种化能自养细菌,水体中 NH_4^+ -N 与 NO_2^- -N 之间的转化主要是通过此类细菌完成。水体中此类细菌的生存受水温、水体 DO 和底物浓度的影响较大,夏季是亚硝化反应的最佳季节。由于水草的作用,夏季养殖区水体中 NH_4^+ -N 的浓度较对照区为少,故 NO_2^- -N 的含量也低于对照区。而 5 号点在秋季的反常现象是由于后期水草数量的大量减少和河蟹收获时的水体搅动所造成。

图 1c 表明了水体中 NO_3^- -N 的动态变化趋势。生态养殖区由春季到秋季 NO_3^- -N 含量不断上升,对照区是春秋较高,夏季较低,二者之间有着显著的季节分布差异。对照区春季的生物作用较弱, NO_3^- -N 的相对含量较高;夏季因藻类种群密度加大,对 NO_3^- -N 的吸收作用增大而使其含量下降;秋季则随生物作用的衰退而又反弹。生态养殖区由于水草的吸收作用, NO_3^- -N 的含量在春季较低,夏季随亚硝化和硝化作用的增强而略有上升,秋季则因生物光合作用的减弱而继续上升。

图 1d 显示了水体中可溶性 PO_4^{3-} -P 的季节分布规律。 PO_4^{3-} -P 的含量春季较高,夏秋季较低。春季水温较低,生物代谢较弱,水体中的 PO_4^{3-} -P 在经历了一个冬天的储备后含量提高。随着水温的上升,水生生物的代谢增强,水体中藻类数量有所增加, PO_4^{3-} -P 的含量随之下降。

3 小 结

2004 年春季平水期到秋季枯水期对河蟹生态养殖水体的水环境现状调查发现,对照区的水质主要超标项目为总 N 和总 P,表明水源水主要受植物营养性元素的污染。围网生态养殖区的主要超标项目为 pH 和总 P。pH 超标是水体中水草过量的光合作用所致,呈明显的昼夜变化,对外界水环境的影响不大。总 P 与水源水质和投放饵料有一定的关系。养殖区水质虽有超标,但超标幅度明显低于水源水。总体而言,生态养殖区的水质明显优于水源对照区,基本上可达到地表水环境质量标准中的三级标准和渔业水质标准的要求。东太湖河蟹围网生态养殖在一个养殖周期内不会对外界水环境产生任何不良影响,至于在这种模式下长期养殖对生态的影响有待作进一步的跟踪调查和研究。

生态养殖的中前期,因河蟹生长需从水环境中吸收 Ca、Mg,因此养殖区水质中硬度和 Ca、Mg 含量低于水源对照区,后期两者又趋于一致。养殖业者须对这一水环境的变化加以注意,可适当在中前期的饵料中添加一些 Ca、Mg 物质。无机氮磷是水生生态系统中浮游植物的基础营养元素,其存在形式和数量决定了水体的初级生产力,与水生生物的生命循环有着密切的关系。对照区全年水质无机氮磷的动态变化幅度较大,而生态养殖区因栽有大量的水草,其对 N、P 的吸收比较充分,在一个养殖周期中的变化较对照区小。由此可见水草在河蟹生态养殖和水质自净中占有举足轻重的地位。

参 考 文 献

- 1 李辛夫,陈宜瑜.内陆水体生物学研究与淡水渔业的可持续发展.水生生物学报,1998,22(2):174~180
- 2 国家环保局.水和废水监测分析方法(第4版).北京:中国环境科学出版社,2002.1~284,670~674
- 3 APHA,AWWA,WPCF.水和废水标准检验法(第15版).北京:中国建筑出版社,1988.1~156
- 4 国家环境保护总局,农业部.中华人民共和国国家标准渔业水质标准(GB11607—89).1989
- 5 国家环境保护总局,国家质量监督检验检疫总局.中华人民共和国国家标准,地表水环境质量标准(GB3838—2002).2002
- 6 刘东山,罗启芳.东湖氮循环细菌分布及其作用.环境科学,2002,23(3):29~35