

中华鳖不同生态养殖模式对池塘水环境及养殖效果的影响

田功太, 巩俊霞, 张金路, 杜兴华, 刘飞, 张明磊, 段登选

(山东省淡水水产研究所, 山东 济南 250013)

摘要:利用条件相近的两组池塘,对中华鳖(*Trionyx sinensis*)的两种生态模式(I组:中华鳖-吃食性鱼类鲤和草鱼模式;II组:中华鳖-杂食性水生动物鲫和螺模式)对池塘水环境以及养殖效果的影响进行对比试验。结果表明,II组COD_{Mn}在7、8、和9月显著低于I组($P < 0.05$),NH₃在6、7、8和9月显著低于I组($P < 0.05$),TP在7月和8月显著低于I组($P < 0.05$),TN在6、7和8月显著低于I组($P < 0.05$),NO₂-N在6月和7月显著低于I组($P < 0.05$),II组水环境质量较I组好。II组检出藻类47种,I组34种,II组种类显著增多($P < 0.05$);I组蓝藻重量占83.18%,硅藻2.98%,隐藻2.65%,甲藻0%,II组蓝藻58.59%,硅藻13.44%,隐藻14.00%,甲藻7.07%,II组蓝藻明显下降,而硅藻、隐藻、甲藻明显上升($P < 0.05$)。6月I组平均生物量4.18 mg/L,II组2.57 mg/L,8月I组29.04 mg/L,II组5.41 mg/L,6月和8月I组生物量均显著高于II组($P < 0.05$)。I组Shannon-Wiener指数 H' 在6月和8月均值分别为2.117和0.7467,II组均值分别为2.5427和1.0178,II组6月和8月 H' 均明显增加($P < 0.05$);在6月,II组Margalef丰富度指数 d 为1.8516,I组为1.2499,II组较I组上升明显($P < 0.05$);两组的Pielou均匀度指数 J 差别不大。II组中华鳖平均产量11 782.5 kg/hm²,显著高于I组11 482.5 kg/hm²($P < 0.05$)。

关键词:中华鳖;生态模式;水质理化因子;养殖效果

中图分类号:S966.5 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-3075(2012)03-0096-05

采用生态养殖技术生产的中华鳖(*Trionyx sinensis*)产品在外观、味道和营养价值等方面与自然状态下生长的相近,能基本保持野生鳖的原始风味(张富强等,2000;王卓等,2008),其经济价值是工厂化养殖产品的数倍,是实现中华鳖健康可持续发展的必由之路。近年来水产工作者对此进行了许多研究(张富强等,2000;杨振才等,2003;沈雪达等,2006;王卓等,2008;钱明明等,2009),但多数侧重于实用技术方面,而对鳖-鱼混养的基础理论,特别是不同生态养殖模式下池塘水域环境中环境因子变化等方面的研究较少。本研究利用中华鳖与不同鱼类、螺类进行多元生态养殖对比试验,探讨了不同生态养殖模式下池塘水质主要理化因子、浮游植物种群演变、浮游植物生物量、浮游植物多样性指数以及中华鳖养殖效果的变化,以进一步丰富中华鳖池塘生态养殖基础理论,并为中华鳖养殖的可持续发展提供借鉴。

收稿日期:2012-03-28

基金项目:山东省农业重大科技创新项目“黄河三角洲池塘多元化生态养殖技术研究”;山东省科技攻关项目“黄河三角洲盐碱地渔业生态利用关键技术研究集成”(GZX209949)。

通讯作者:段登选,研究员。E-mail:duandengxuan@163.com

作者简介:田功太,1962年生,副研究员,从事渔业养殖生态环境研究。E-mail:tiangongtai@163.com

1 材料和方法

1.1 试验池塘及水源

池塘面积1 000~2 000 m²,池底用三合土夯实处理,池底呈锅底型,池深1.5 m左右,水深1.2 m左右,用砖砌护坡,用瓷砖作防逃墙。水源为地下水,水质无污染,符合渔业用水标准。

1.2 中华鳖苗种来源

苗种为黄河口鳖养殖场自繁自育,其体质健康,规格整齐。

1.3 苗种放养和投喂管理

1.3.1 苗种放养 中华鳖及鱼类放养情况见表1。

1.3.2 投喂管理 I组先喂鲤和草鱼,然后喂中华鳖。II组只喂中华鳖。将鳖饲料定时、定点的投在水面以上的斜坡处。

1.4 检测项目及方法

1.4.1 水质检测 每月检测1次试验池塘NH₃-N、NO₂-N、NO₃-N、TN、PO₄³⁻-P、TP和COD_{Mn}等指标。硝酸盐测定方法为锌还原半微量法,其他项目检测按渔业水质监测方法(国家环境保护局,1989)进行。

1.4.2 浮游植物检测 每2月检测1次,检测浮游植物群落组成和生物量。检测方法参照《淡水浮游生物研究方法》(张宗涉等,1991)及Hillebrand等(1999)的方法进行。

表 1 各试验组放养情况
Tab.1 The basic information of two culture modes

组别	池号	面积/ hm ²	放养密度/kg·hm ⁻²				放养规格/g·只 ⁻¹			放养 时间
			中华鳖	草鱼、鲤	鲫	螺	中华鳖	草鱼、鲤	鲫	
I	1	0.2	6 949.5	450.0			485	180		5月8日
	5	0.2	7 000.5	450.0			490	180		5月8日
II	2	0.1	7 000.5		100.5	2 250.0	490		5	5月12日
	3	0.1	7 000.5		100.5	2 250.0	490		5	5月12日

1.4.3 放养数据测量 对各试验池中华鳖和鱼类放养数量及规格、收获规格、产量等数据进行测量。

1.5 生物多样性分析

为避免单一方法造成误差(孙军等,2004),浮游植物多样性分析采用以下3种方法计算。

Shannon-Wiener 多样性指数:

$$H' = - \sum_{i=1}^S (n_i/N) \log_2 (n_i/N) \tag{1}$$

Margalef 丰富度指数: $d = (S - 1)/\log_2 N \tag{2}$

Pielou 均匀度指数: $J = H'/\log_2 N \tag{3}$

以上公式中, N - 藻类个体总数, S - 藻类总种数, n_i - 第*i*属(种)藻类个体数。 H' 值0~1为重污染,1~3为中污染(1~2为α-中污染,2~3为β-中污染),>3为轻污染或无污染(沈韞芬等,1990;

胡鸿钧等,2006)。

1.6 数据处理

对试验数据进行 T 检验或方差分析, $P < 0.05$ 为差异显著, $P < 0.01$ 为差异极显著。

2 结果与分析

2.1 水质理化因子变化

各试验组水质理化因子变化见表2。中华鳖两种不同生态养殖模式的水质理化因子 COD_{Mn} 、 NH_3-N 、 NO_2^- 、 NO_3^- 、 PO_4^{3-} 、TN 和 TP,在 II 组 6~9 月有多项指标明显低于 I 组($P < 0.05$),说明 II 组水质总体上好于 I 组。

表 2 各试验组水质理化因子变化

Tab.2 Changes of physical-chemical factors of water quality in the test groups

分组	月份	$COD_{Mn}/$	$NH_3-N/$	$NO_2^-N/$	$NO_3^-N/$	$PO_4^{3-}/$	TP/	TN/
		mg·L ⁻¹	mg·L ⁻¹	mg·L ⁻¹	mg·L ⁻¹	mg·L ⁻¹	mg·L ⁻¹	mg·L ⁻¹
I	6	8.06	1.532	0.163	0.908	0.229	0.472	3.79
	7	9.01	1.066	0.027	0.184	0.150	0.618	1.78
	8	23.54	1.685	0.022	0.020	0.153	0.444	5.26
	9	25.38	1.612	0.023	0.017	0.364	0.548	6.67
II	6	8.34	1.420 [↓]	0.032 [↓]	0.236 [↓]	0.094 [↓]	0.455	1.75 [↓]
	7	6.14 [↓]	0.792 [↓]	0.021 [↓]	0.180	0.090 [↓]	0.073 [↓]	1.52 [↓]
	8	9.05 [↓]	1.290 ^{↓↓}	0.519 [↑]	0.096 [↑]	0.221 [↑]	0.239 ^{↓↓}	2.80 ^{↓↓}
	9	22.95 [↓]	1.334 [↓]	0.132 [↑]	0.099 [↑]	0.435 [↑]	0.711 [↑]	8.84 [↑]

注:①表中数据均为6~9月每组2个试验池均值;②[↓]表示II组与I组相比,相同月份同一指标显著下降($P < 0.05$),^{↓↓}表示极显著下降($P < 0.01$),[↑]表示显著上升($P < 0.05$)。

2.2 浮游植物演变

2.2.1 群落组成 I 组共检出浮游植物 6 门 34 种,蓝藻占 83.18% (质量比,下同),绿藻 1.89%,硅藻 2.98%,隐藻 2.65%,裸藻 9.20%,黄藻 0.10%。II 组共检出浮游植物 7 门 47 种,种类数明显增多($P < 0.05$),蓝藻比例为 58.59%,明显下降($P < 0.05$);绿藻 2.04%,黄藻 0.33%,变化不大;裸藻 4.53%,略有下降;硅藻 13.44%,隐藻 14.00%,甲藻 7.07%,3 者总比例明显上升($P < 0.05$)(见图 1)。

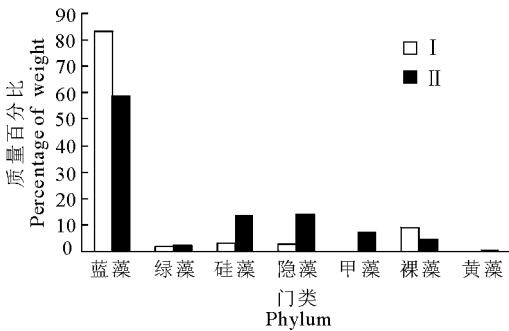
2.2.2 生物量 6 月 I 组生物量均值 4.18 mg/L, II 组 2.57 mg/L,2 组间差异显著($P < 0.05$);8 月 I

组生物量均值 29.04 mg/L, II 组 5.41 mg/L,2 组间差异显著($P < 0.01$)(见图 2)。

2.2.3 多样性指数 各试验组浮游植物多样性指数见表 3。Shannon-Wiener 生物多样性指数 H' 在 6 月和 8 月 II 组均显著高于 I 组($P < 0.05$); Margalef 丰富度指数 d 在 6 月 II 组显著高于 I 组($P < 0.05$),8 月无显著差异($P > 0.05$); Pielou 均匀度指数 J 在 6 月和 8 月 2 组均无显著差异($P > 0.05$)。

2.3 养殖结果

中华鳖单位面积产量和单位面积经济效益 II 组均显著高于 I 组($P < 0.05$)(见表 4)。



注:数据为每组2个试验池均值

图1 各试验组8月浮游植物群落组成

Note: The data were the mean value of two ponds in each group

Fig.1 Composition of phytoplankton in the test groups in August

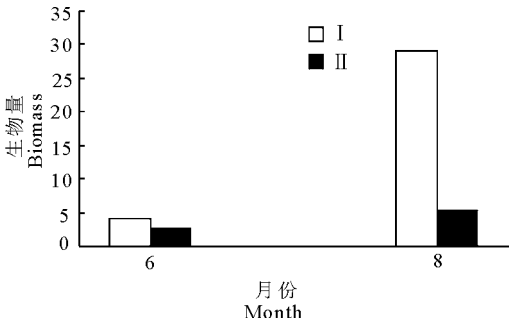


图2 各试验组生物量变化

Fig.2 Changes of biomass in the test groups

表4 各试验组养殖结果

Tab.4 Aquaculture results of the test groups

组别	中华鳖			鱼			鳖成	纯效
	均产/	平均规格/	成活率/	均产/	平均规格/	成活率/	本/	益/
	kg·hm ⁻²	g·只 ⁻¹	%	kg·hm ⁻²	g·只 ⁻¹	%	元·kg ⁻¹	10 ⁴ 元·hm ⁻²
I	11 482.5 ± 22.5	836 ± 3	96 ± 0.5	1 837.5 ± 52.5	1 150 ± 50	64.2 ± 1	65 ± 1	63.8138 ± 0.7838
II	11782.5 ± 37.5 [†]	844 ± 4	97.8 ± 0.8	1290.0 ± 45.0	150 ± 5	42.8 ± 1	64 ± 1	72.8963 ± 1.8863 [†]

该试验结果表明, I 组和 II 组因养殖模式不同, 池塘水质中的 COD_{Mn}、NH₃-N、NO₂-N、TN、TP 等指标在大部分月份中, II 组比 I 组均有显著下降 ($P < 0.05$)。2 个试验组的 COD_{Mn}、TN 和 TP 在各月份均处于养殖排放水一级和二级标准(中华人民共和国农业部, 2007)。I 组 COD_{Mn} 6 月和 7 月处于养殖排放水一级标准, 8 月在一级和二级之间, 9 月为二级, II 组 6、7 和 8 月处于一级标准, 仅 9 月处于一级和二级之间; I 组 TN 仅 7 月处于一级, 8 月和 9 月为二级, 6 月处在一级和二级之间, II 组 6、7 和 8 月均为一, 仅 9 月为二级; I 组 TP 6 月和 8 月为一, II 组 6、7 和 8 月为一, 其他月份为一与二级之间。可见, II 组水质整体优于 I 组。

从浮游植物群落组成看, II 组虽然蓝藻仍占较

表3 各试验组浮游植物多样性指数

Tab.3 Phytoplankton diversity index in the test groups

分	月	H'		d	J
组	份				
I	6	2.1170 ± 0.0130	1.2499 ± 0.1001	0.2736 ± 0.0724	
	8	0.7462 ± 0.0589	2.4202 ± 0.1095	0.1029 ± 0.0339	
II	6	2.5427 ± 0.0874 [†]	1.8516 ± 0.0689 [†]	0.4094 ± 0.0115	
	8	1.0178 ± 0.0182 [†]	2.2720 ± 0.1264	0.1031 ± 0.0098	

注:①表中数据均为同月每组2个试验池均值;②[†]表示显著上升($P < 0.05$)。

3 讨论

3.1 不同养殖模式对水环境的影响

中华鳖是用肺呼吸空气中的氧气, 鱼类是利用鳃呼吸溶解于水中的氧气, 2 者氧气的来源不同, 不存在争夺氧气问题。由于鳖的上下呼吸、摄食及运动等作用, 促进了水体的上下交换, 加快了物质循环速率, 更有利于水体表面过多的溶氧向底层的渗透和扩散, 从而使池底不易缺氧, 有利于鱼类的摄食和生长; 鱼类通过摄食水中的浮游生物、底栖生物和有机碎屑等净化了池塘水质。有关试验表明, 鱼鳖混养池塘的溶氧量高于一般养鱼池的 35% 左右, 在鳖和鱼负载量分别达 550 g/m² 和 875 g/m² 时, 不设任何增氧装置, 鳖和鱼仍能正常生长(常培新, 2011)。可见, 中华鳖与鱼混养是一种互利关系。

大优势, 但质量比例较 I 组明显下降 ($P < 0.05$), 硅藻、隐藻和甲藻质量比例明显上升 ($P < 0.05$)。蓝藻中的大部分种类不能被鱼类消化利用, 而且许多种类还可产生毒素, 蓝藻较多说明水质老化, 硅藻、隐藻和甲藻比例上升则说明水质好转。如果参考湖泊营养类型评价标准, 一般贫营养型湖泊中的浮游植物以金藻和黄藻类为主, 中营养型湖泊以甲藻、隐藻和硅藻为主, 富营养型湖泊则常以绿藻和蓝藻类占优势(宋辞等, 2009)。依此也可以判断 II 组水质向着好的方向转化。

浮游植物生物量方面, 6 月和 8 月 I 组均明显高于 II 组 ($P < 0.05$), 6 月 I 组生物量 4.12 ~ 4.24 mg/L, 处于中营养水平, II 组生物量 2.31 ~ 2.83 mg/L, 处于贫营养水平; 8 月 I 组生物量 24.78

~33.29 mg/L,为超富营养水平,Ⅱ组生物量4.78~6.03 mg/L,处于中营养水平和富营养水平之间(宋辞等,2009)。浮游植物处于食物链的始端,其生物量的大小直接反映了水体中营养盐含量的多少,朱伟等(2008)认为营养盐水平能够影响浮游植物群落组成,且现存量随着营养盐质量浓度升高而增大,这也间接说明Ⅱ组营养盐综合水平低于Ⅰ组。

生物多样性指数是评价水质的重要指标,其数值越高,说明浮游生物群落结构越复杂,稳定性越大,水质越好,反之越差(Shannon & Weaver, 1949; 胡鸿钧等,2006;管越强等,2011)。Ⅱ组的Shannon-Wiener生物多样性指数 H' 和Margalef丰富度指数 d 在6月均显著高于Ⅰ组($P < 0.05$),Ⅱ组 H' 在8月也显著高于Ⅰ组($P < 0.05$),2个养殖组Pielou均匀度指数 J 在6月和8月均无显著差异($P > 0.05$)。说明Ⅱ组的水质相对较好。

Ⅱ组水质之所以好于Ⅰ组,原因与放养模式有很大关系,Ⅰ组是中华鳖-鲤-草鱼模式,Ⅱ组是中华鳖-鲫-螺蛳模式,Ⅰ组模式放养了吃食性鱼类,为了保证其正常生长在喂鳖之前要先喂鱼,这势必造成一定程度的水质污染,Ⅱ组模式不但不用对鱼进行单独投喂,而且鲫和螺蛳因其杂食性可以摄取池塘中的残饵、粪便、浮游生物、有机碎屑等,起到池塘“清洁工”的作用,从而改善了养殖水域生态环境。据张富强等(2000)和肖召旺(2010)报道,中华鳖池中套养鲫和螺类也取得了很好的效果。

3.2 不同养殖模式效果差异的原因分析

Ⅰ组与Ⅱ组中华鳖的放养规格、放养密度、放养时间基本相同,但Ⅱ组的养成平均规格和成活率略大于Ⅰ组,成本略低于Ⅰ组,平均产量与Ⅰ组差异明显($P < 0.05$)。出现以上结果的原因可能有3方面。一是Ⅱ组的放养模式使其水质环境条件总体上好于Ⅰ组。鳖虽以肺呼吸为主,但毕竟其大部分时间生活在水中,水质对其生活和生长具有重要影响,比如水质状况严重影响中华鳖的食欲和饲料转化效率(王晓斌等,2011)。二是鲫鱼苗和螺蛳类都是中华鳖喜食的优质活饵料,常被选择与中华鳖搭配混养(周惠钟等,2003;周工健等,2007;周海东等,2011;),该试验中鲫鱼苗的成活率仅42.78%,说明其中相当一部分被中华鳖摄食,活饵料含有丰富的维生素和活性物质,促进了中华鳖的食欲、免疫力和生长速度。三是中华鳖可以摄食池中的病鱼和刚死不久的鱼,有效地减少了疾病传播几率。

参考文献

- 常培新. 2011. 鱼鳖混养的生物学基础及技术[J]. 现代农业科技, (15):332-333.
- 管越强,张磊,周文艳,等. 2011. 中华鳖养殖水体理化指标及浮游植物的研究[J]. 水产科学, 30(7):295-299.
- 国家环境保护局. 1989. GB11607-1989 中华人民共和国国家标准 渔业水质标准[S].
- 胡鸿钧,魏印心. 2006. 中国淡水藻类:系统分类及生态[M]. 北京:科学出版社:946-948.
- 钱明明,宋杰,武斌,等. 2009. 中华鳖常见疾病的诊断及其综合防治[J]. 动物医学进展, 30(4):103-107.
- 沈雪达,张勤国,宋伟伟. 2006. 我国中华鳖产业现状与发展对策[J]. 甘肃农业, (1):48.
- 沈温芬,张宗涉,顾曼如,等. 1990. 微型生物检测新技术[M]. 北京:中国建筑出版社:120-126.
- 宋辞,于洪贤. 2009. 镜泊湖浮游植物多样性分析及水质评价[J]. 东北林业大学学报, 34(4):40-42.
- 孙军,刘东艳. 2004. 多样性指数在海洋浮游植物研究中的应用[J]. 海洋学报, 26(1):63-74.
- 王晓斌,李本旺,王广军,等. 2011. 四种有益微生物对中华鳖养殖水体的改良作用[J]. 海洋与渔业, 15(8):47-48.
- 王卓,顾启华. 2008. 中华鳖养殖的质量控制措施[J]. 科学养鱼, (10):29.
- 肖召旺. 2010. 中华鳖生态养殖技术[J]. 水产养殖, (2):32-33.
- 杨振才,李双安. 2003. 中华鳖标准化生产技术[M]. 北京:中国农业大学出版社:2-9.
- 张富强,姚立军. 2000. 中华鳖混养新模式及其技术探讨[J]. 中国水产, (7):22-23.
- 张宗涉,黄祥飞. 1991. 淡水浮游生物研究方法[M]. 北京:科学出版社.
- 中华人民共和国农业部. 2007. SC/T9101-2007 淡水池塘养殖水排放要求[S].
- 周工健,刘少军,严斌,等. 2007. 西脑湖无围栏中华鳖生态养殖试验报告[J]. 内陆水产, (10):42-44.
- 周海东. 2011. 鱼类混养技术在水产养殖中的应用[J]. 吉林渔业, (4):282-283.
- 周惠钟. 2003. 中华鳖生态养殖试验[J]. 科学养鱼, (3):45.
- 朱伟,万蕾,赵联芳. 2008. 不同温度和营养盐质量浓度条件下藻类的种间竞争规律[J]. 生态环境, 6(1):6-11.
- Hillebrand H, Dürselen C D, Kirschtel D, et al. 1999. Biovolume Calculation for pelagic and benthic microalgae[J]. Journal of phycology, 35:403-424.
- Shannon C E, Weaver W. 1949. The mathematical theory of communication [M]. London: The University of Illinois Press.

Effects of Different Culturing Modes on Pond Environment and Output of *Trionyx sinensis*

TIAN Gong-tai, GONG Jun-xia, ZHANG Jin-lu, DU Xing-hua, LIU Fei, ZHANG Ming-lei, DUAN Deng-xuan

(Freshwater Fisheries Research Institute of Shandong Province, Jinan 250013, P. R. China)

Abstract: The effects of two ecological modes (group I: *Trionyx sinensis* and predatory fishes-cyprinoid and grass carp; group II: *Trionyx sinensis* and omnivore aquatic animals-crucian and conch) on pond environment and output of *Trionyx sinensis* was studied under two pond groups with similar environment. In terms of the physical-chemical factors of water quality, COD_{Mn} in group II was significantly lower than that in group I from July to September ($P < 0.05$); NH_3 was significantly lower than that in group I from June to September ($P < 0.05$); TP was significantly lower than that in group I in July and August ($P < 0.01$); TN was significantly lower than that in group I from June to August ($P < 0.05$); $\text{NO}_2\text{-N}$ was significantly lower than that in group I in June and July ($P < 0.05$). Phytoplankton community increased significantly in group II with 47 algae, while 34 algae in group I. The weight of Cyanophyta, Bacillariophyceae, Cryptophyta and Pyrrophyta in group I accounted for 83.18%, 2.98%, 2.65% and 0%, respectively; while it was 58.59%, 13.44%, 14.00% and 7.07% in group II, respectively, with Cyanophyta decreasing significantly and the other three algae increasing significantly ($P < 0.05$). The average biomass was 4.18 mg/L in group I while 2.57 mg/L in group II in June, and it was 29.04 mg/L in group I while 5.41 mg/L in group II in August. The biomass was higher in group I than that in group II in both months ($P < 0.05$). In terms of biodiversity index, the Shannon-Wiener index was 2.117 and 0.7467 in group I in June and August, while it increased significantly to 2.5427 and 1.0178 separately in group II in both months ($P < 0.05$). The Margalef richness index was 1.8516 in group I and 1.2499 in group II. It increased significantly in group II than that in group I ($P < 0.05$). The Pielou evenness index showed little change. The average output of *Trionyx sinensis* in group II was 11782.5 kg/hm², which was significantly higher than that in group I with 11482.5 kg ($P < 0.05$).

Key words: *Trionyx sinensis*; ecological mode; physical-chemical factors of water quality; aquaculture effects