

武秀国, 苏彦平, 陈修报, 等. 不同养殖类型池塘藻类群落特征[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(1): 227–230.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.01.078

不同养殖类型池塘藻类群落特征

武秀国¹, 苏彦平², 陈修报², 刘洪波², 戈贤平², 杨健^{1,2}

(1. 南京农业大学无锡渔业学院, 江苏无锡 214081;

2. 中国水产科学研究院内陆渔业生态环境与资源重点开放实验室/中国水产科学研究院淡水渔业研究中心, 江苏无锡 214081)

摘要:2013 年 4—9 月对 3 种养殖类型池塘[养殖过程投饵的大宗淡水鱼养殖池塘(N1R7)、不投饵料的背角无齿蚌高密度(N4R6)、低密度(N1R3)养殖池塘]的藻类群落结构和水体理化因子(温度、pH 值、浊度、透明度、溶解氧、总固溶物、盐度、电导率、电阻率)定期调查分析。结果表明,共镜检出藻类 7 门 58 种,其中绿藻 35 种、蓝藻 11 种、硅藻 8 种、甲藻 1 种、隐藻 1 种、裸藻 1 种、金藻 1 种;N1R7 池塘中优势种为微囊藻、色球藻、四尾栅藻、蹄型藻等;N4R6 池塘中藻类优势种种类较多,为微囊藻、色球藻、鱼腥藻、螺旋藻、双对栅藻、单生卵囊藻、小球藻、尖针杆藻等;N1R3 池塘中优势种为微囊藻、色球藻、鱼腥藻、小球藻等;各池塘藻类生物量总体呈逐月增加趋势,变化范围为细胞数 $2.02 \times 10^6 \sim 27.20 \times 10^6$ 个/L;3 种池塘中藻类生物量总体上呈 N1R7 > N4R6 > N1R3 的趋势,而其多样性指数总体上呈 N1R3 > N1R7 > N4R6 的趋势;调查期间,温度、pH 值呈逐月增加趋势,而浊度总体上呈 N1R3 > N1R7 > N4R6 的趋势;各池塘藻类生物量与水体浊度、温度、pH 值等水质因子呈显著正相关;饵料投喂可引起养殖池塘的富营养化和藻类尤其是蓝藻的快速增殖;养殖池塘藻类群落结构和水体因子的变动明显受到养殖密度的影响。

关键词:养殖池塘;大宗淡水鱼;背角无齿蚌;藻类;群落

中图分类号: S968.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)01-0227-04

藻类对养殖池塘水体环境有重要的调节作用,是营造池塘良好水色和合适透明度的基础,是调节水体溶解氧、营养盐的重要参与者,同时作为初级生产者在池塘生态系统的物质循环和能量流动中起很大作用。因此,阐明养殖池塘中藻类组成、数量分布、优势种演替规律及藻类群落结构的影响因子对于渔业生产很有必要。Hosper^[1]、Reeders 等^[2]在荷兰的一些湖泊中利用斑马贻贝(*Dreissena polymorpha*)开展调控试验,结果显示贻贝对藻类具有较好的控制作用。Caraco 等认为,河蚬种群的定居和扩展是美国哈德逊(Hudson)河中浮游植物减少和群落结构改变的主要因素^[3]。杨东妹等研究了背角无齿蚌(*Anodonta woodiana*)滤食对浮游藻类结构的影响,认为蚌的高强度滤食能够显著减少所有浮游藻类的数量和生物量,提高水体透明度,改变微型生态系统中浮游藻类的群落结构^[4]。彭聪聪等研究了珠江河口区罗非鱼养殖池塘中浮游微藻的群落特征,认为养殖池塘水体普遍富营养化,造成水体中藻类种类丰富,生物量快速增长,藻类生物量多与 COD、DIN 等营养因子呈显著正相关关系,另外该研究发现池塘中藻类群落结构和水体因子的变动也受罗非鱼滤食作用的影响^[5]。因此,淡水双壳软体动物和大宗淡水鱼类均可能会

对水体中藻类群落结构产生较大影响。

背角无齿蚌在我国广泛分布于江河、湖泊、水库、沟渠、池塘中,多栖息于淤泥底质、水流略缓或静水水域内^[6]。背角无齿蚌和大多数滤食性鱼类均对水体中藻类有滤食作用,而背角无齿蚌标准化养殖过程中不会投喂大量饵料,因此其水体中富营养化程度较投饵的大宗淡水鱼养殖池塘中要低很多,这也将增加池塘中藻类群落结构的差异性。本研究探讨了不同养殖类型池塘中藻类群落结构特征与水体理化因子变化特征,以期了解渔业生产过程中利用背角无齿蚌改善水质与控制藻类的可行性提供依据。

1 材料与方法

1.1 藻类样品采集与处理

2013 年 4—9 月,逐月对中国水产科学研究院淡水渔业研究中心(江苏省无锡市)南泉基地投饵的大宗淡水鱼养殖池塘(N1R7)和不投饵的背角无齿蚌高密度(N4R6)、低密度(N1R3)养殖池塘进行采样分析。各池塘平均水深 1.5 m,全封闭养殖,没有明显的外源污染物。其中,池塘 N1R7 中养殖的大宗淡水鱼为鲫鱼,池塘 N1R3、N4R6 中均为标准化养殖的背角无齿蚌,养殖密度分别为 3 万、10.5 万个/hm²,均为网箱吊养。采样时在各池塘上风向、下风向两端处各取样 1 次,分别于水下约 1 m 处用 2.5 L 采水器采取水样 1 份,倒入聚乙烯塑料瓶中充分混合均匀,取 1 L 混合水样加入 10 mL 鲁哥氏液静置浓缩 2 d。去除上清液,取 0.1 mL 浓缩液于显微镜下用浮游植物计数框鉴定。

1.2 水体理化因子的测定

在采样的同时,对采样水域中水体理化因子进行测定,其中溶解氧使用梅特勒托利多便携式溶氧仪(型号 Seven Go

收稿日期:2014-03-01

基金项目:国家自然科学基金(编号:31072214);现代农业产业技术体系专项(编号:CARS-46)。

作者简介:武秀国(1990—),男,安徽全椒人,硕士研究生,主要从事渔业水域生态环境监测与保护研究。E-mail: wxg1990@126.com。

通信作者:杨健,教授,主要从事渔业生态环境监测与保护研究。

Tel: (0510)85557823; E-mail: jiany@ffrc.cn。

Pro SG 6)测定,水体总固溶物、盐度、电导率、电阻率使用梅特勒托利多电导率仪(型号 Seven GoTM, SG 3)测定,浊度使用便携式浊度计(型号 TN 100)测定,温度、pH 值使用便携式 pH 计测定,水体透明度使用黑白透明度盘测定。

1.3 浮游藻类样品分析

在光学显微镜下,参照《中国淡水藻类》^[7]、《淡水微型生物图谱》^[8]等资料对藻类样品进行定性鉴定和定量计数。

多样性分析采用 Shannon - Wiener 多样性指数表示:

$$H' = - \sum Q_i \ln Q_i;$$

$$Q_i = n_i / N_1。$$

式中: H' 为 Shannon - Wiener 多样性指数; Q_i 为第 i 种个体数占总个体数的比例; n_i 为物种 i 的个体数; N_1 为群落样本个体总数。

优势度分析采用优势度表示:

$$Y = n_i / N_2 \times f_i。$$

式中: N_2 是样品中各类藻类总数; f_i 为该种在该地区出现的频率,在本研究中默认为 1。

参照谢立民等^[9]、查广才等^[10]的方法,本研究中把样品

中个体总数量占 10% 以上的确定为优势种,其中占 40% 以上的定为强优势种,占 1% ~ 10% 的定为常见种,在 1% 以下或只在个别水样中出现的定为稀有种。

生物量的计算是以在显微镜下镜检出的藻类细胞数量为准,即 1 L 水样中所含藻类的总细胞数量。

2 结果与分析

2.1 水体理化因子的变化动态

各池塘水体理化因子指标如图 1 所示。试验期间水温为 15.8 ~ 32.1 °C,各池塘水温变化趋势一致,前期、中期水温逐渐升高,至 9 月开始下降;透明度为 25 ~ 90 cm,随着试验进行,整体呈下降趋势;浊度为 4.5 ~ 42.6 NTU,整体呈上升趋势;pH 值为 6.0 ~ 9.7,各池塘 pH 值变化趋势一致,均呈上下波动变化;溶解氧含量为 5.8 ~ 17.6 mg/L,各池塘变化趋势不明显,呈波动变化;各池塘盐度保持在 0.14 ~ 0.21 g/L,较为平稳;总固溶物含量为 148 ~ 221 mg/L,整体呈上升趋势,至 9 月开始下降;电阻率为 2 260 ~ 3 380 $\Omega \cdot \text{cm}$,电导率为 296 ~ 442 $\mu\text{S}/\text{cm}$,呈上下波动。

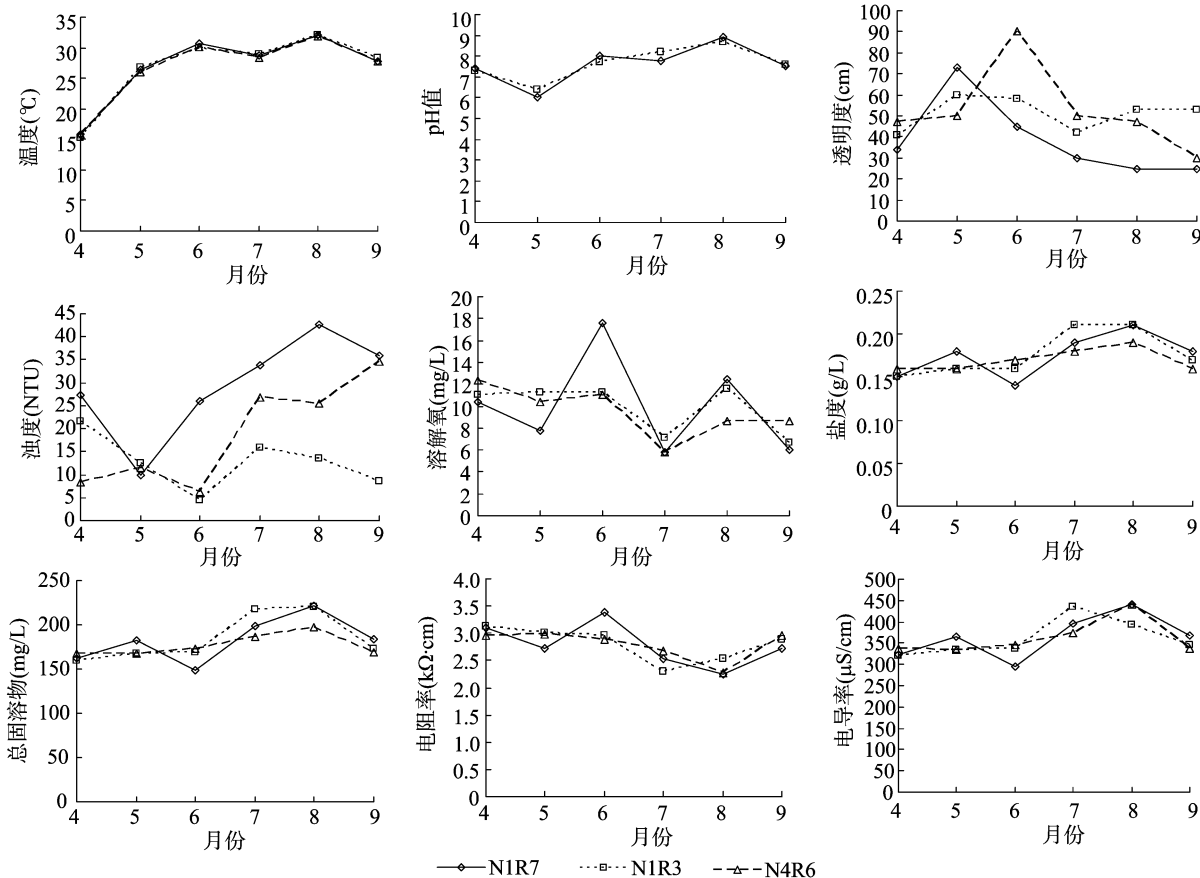


图1 各养殖池塘水体理化因子变化动态

2.2 藻类种类组成

各池塘共鉴定出藻类 7 门 58 种,其中绿藻 35 种、蓝藻 11 种、硅藻 8 种、甲藻 1 种、隐藻 1 种、裸藻 1 种、金藻 1 种。蓝藻、绿藻为常见种和优势种,种类较多;甲藻、隐藻、裸藻、金藻的一些种类也较常见;其他均为稀见种。各池塘镜检出藻类种类数也不同(表 1),总体来看池塘 N1R7 中检测出的藻

类种类数多于池塘 N1R3、N4R6。

2.3 藻类生物量变动

如图 2 所示,试验期间各养殖池塘藻类生物量(细胞数)为 $(2.02 \sim 27.20) \times 10^6$ 个/L。各池塘藻类生物量在试验期间变化较大,整体上呈增长趋势,在 7 月增长最快,到 8 月达到最高值,到 9 月开始下降。

表 1 各养殖池塘藻类种类数镜检结果

时间	藻类种类数(种)		
	池塘 N1R7	池塘 N1R3	池塘 N4R6
4 月	23	18	24
5 月	21	24	29
6 月	30	21	13
7 月	27	36	21
8 月	27	23	18
9 月	27	20	17

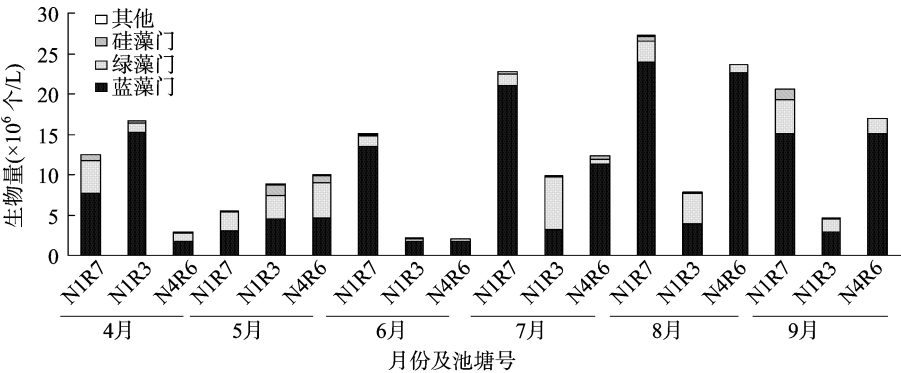


图2 各养殖池塘藻类生物量变化情况

表 2 各养殖池塘中藻类优势种的月度变动情况

月份	池塘 N1R7		池塘 N1R3		池塘 N4R6	
	优势种	优势度	优势种	优势度	优势种	优势度
4 月	微囊藻	0.410	鱼腥藻	0.862	微囊藻	0.285
	色球藻	0.126			鱼腥藻	0.253
	四尾栅藻	0.106				
5 月	微囊藻	0.481	微囊藻	0.295	微囊藻	0.367
	蹄型藻	0.135	色球藻	0.141	小球藻	0.127
			尖针杆藻	0.132		
6 月	微囊藻	0.420	微囊藻	0.369	微囊藻	0.434
	色球藻	0.340	大螺旋藻	0.322	色球藻	0.424
7 月	微囊藻	0.434	微囊藻	0.181	微囊藻	0.616
	色球藻	0.218	双对珊藻	0.122	色球藻	0.305
	银灰平裂藻	0.140	肾形藻	0.154		
8 月	微囊藻	0.420	微囊藻	0.200	微囊藻	0.452
	色球藻	0.390	大螺旋藻	0.152	色球藻	0.154
9 月			单生卵囊藻	0.255	柱胞藻	0.230
	微囊藻	0.350	微囊藻	0.294	微囊藻	0.620
	色球藻	0.256	大螺旋藻	0.118	色球藻	0.191
			小球藻	0.199		

2.5 藻类群落的多样性

Shannon - Wiener 多样性指数反映了池塘藻类群落的生态信息含量大小,可衡量群落的抗干扰能力。由表 3 可见,各池塘的多样性指数为 0.70 ~ 2.59。生物多样性分级可按照生物多样性阈值评价标准进行评价(表 4)。在本研究期内,池塘 N1R7 中藻类群落多样性指数整体呈下降趋势,至 9 月有所上升,多样性一般;池塘 N1R3 中藻类群落多样性指数随时间变化趋势明显,从初期多样性指数较低演变为中后期多样性指数较高,多样性指数较好,说明该池塘中藻类群落能够

各池塘中蓝藻生物量所占比例很高,最多达到总量的 80% 以上,显示出 3 个养殖池塘的藻类群落以蓝藻种类为绝对优势种的共性。

2.4 藻类优势种的组成

各池塘藻类优势种组成情况如表 2 所示。各池塘中蓝藻门的微囊藻、色球藻、鱼腥藻等为常见优势种,绿藻门的小球藻、双对珊藻、肾形藻属和硅藻门的针杆藻等偶尔也可以成为优势种。

更加充分高效地利用资源,具有较高的抵御外来干扰的能力;池塘 N4R6 中藻类群落多样性指数在初期较好,后期持续下降,多样性一般,显示其池塘藻类群落结构较为单一。

表 3 各养殖池塘藻类群落生物多样性指数

时间	生物多样性指数		
	池塘 N1R7	池塘 N1R3	池塘 N4R6
4 月	2.02	0.70	2.30
5 月	1.91	2.33	2.40
6 月	1.68	1.82	1.27
7 月	1.77	2.59	1.09
8 月	1.50	2.20	1.54
9 月	2.10	2.24	1.27
平均值	1.83	1.98	1.64

表 4 生物多样性阈值的分级评价标准^[11]

评价等级	生物多样性指数阈值	等级描述
I	<0.6	多样性差
II	0.6 ~ 1.5	多样性一般
III	1.6 ~ 2.5	多样性较好
IV	2.5 ~ 3.5	多样性丰富
V	>3.5	多样性非常丰富

3 结论与讨论

3.1 大宗淡水鱼养殖池塘中藻类群落结构和理化因子变化特征

在本研究中,池塘 N1R7 中藻类群落结构较池塘 N1R3、N4R6 中藻类的种类丰富、生物量高,但生物多样性低。这表明在养殖过程中饵料投入可引起池塘水体富营养化和藻类尤其是蓝藻的快速繁殖,表现为消耗水体中的 CO₂,从而促使水

体 pH 值上升。这种环境变化更有利于蓝藻生长,而不利于其他藻类生长^[12]。在自然水体中,大宗淡水鱼主要以藻类为食,对水体中藻类有滤食作用^[13-14],能够显著改变水体中藻类群落结构。而在人工养殖池塘中,大量投入饵料使所养鱼类对藻类的摄食力度明显下降。同时,大量投入饵料也引起水质变化,其中最显著的变化是水体中营养物质增加。相较于池塘 N1R3、N4R6,池塘 N1R7 的特点是富营养化、高浊度、透明度低。有学者提出,在高浊度、低透明度的环境下更有利于丝状蓝藻的生长,这是因为其光合作用在高光照下会受到抑制^[15]。因此,N1R7 池塘中蓝藻的优势地位造成了该池塘中较高的藻类群落生物量和较低的生物多样性。

相较于池塘 N1R3、N4R6,池塘 N1R7 水体中的浊度和总固溶物表现为较高水平,而溶解氧、盐度、电阻率、电导率、透明度的波动性则较大,其中溶解氧波动最为明显。这可能是相较于背角无齿蚌,鱼类的活动能力更强,因而水体氧的利用程度也较大,并对水体环境的扰动也较大。养殖过程中投饵应该是水体中浊度及总固溶物含量增加的重要原因。

3.2 背角无齿蚌养殖池塘中藻类群落结构和理化因子变化特征

池塘 N1R3、N4R6 的水体理化因子较池塘 N1R7 总体表现为透明度较高、浊度较低,溶解氧、总固溶物、电阻率、电导率波动较小,其原因可能主要为高密度养殖的背角无齿蚌能够显著减少所有浮游藻类数量,提高水体透明度,改善水质^[1],并改变藻类的优势种^[16]。滤食性贝类的滤水率在一定温度范围内会随温度的升高而加大,而背角无齿蚌的温度峰值出现在 25 ℃,最适宜 pH 值在 8 左右,过酸或过碱的水体中都会抑制蚌的生长,使其无法起到有效控制水质的作用^[17],本研究中水温基本保持在 25 ℃ 以上,pH 值保持在 8 左右,理论上保持了背角无齿蚌最佳滤水率的状态。池塘 N1R3、N4R6 中的温度、pH 值均处于文献中背角无齿蚌的适宜范围内,因此可以认为其滤食性处于较佳状态,这也可从相关池塘中藻类群落生物量受到明显抑制的现象得到印证。较投饵的池塘 N1R7 而言,池塘 N1R3、N4R6 中藻类群落优势种数明显多于前者,总生物量也明显低于前者,这表明背角无齿蚌对池塘中藻类尤其是作为优势种地位的蓝藻有明显的抑制作用,这与卢敬让等的研究结果^[18]一致,虽然蓝藻不是河蚌适口的饵料,但是河蚌独具晶杆体可分泌晶杆酶消化蓝藻。同时,背角无齿蚌对水体中藻类的滤食作用应该没有显著的选择性,即其在滤食过程中对优势种藻类的摄食比例会明显高于其他常见种和稀见种藻类,这客观上对优势种尤其是蓝藻快速增殖有较强的抑制作用^[19]。可以认为背角无齿蚌可以通过一定的摄食压力对藻类乃至浮游植物群落的构成产生显著影响,完全能起到改善水质的作用。因此,在鱼类养殖生产中采用一些鱼、蚌混养模式应该可以减轻养殖池塘水体富营养化。

此外,相比较于池塘 N4R6,池塘 N1R3 中藻类群落结构有明显不同。在本研究前期,池塘 N1R3 表现为藻类种类数量较少、多样性较低、生物量较高、优势种优势度高;而到了 6 月后,2 个池塘中藻类群落发生了明显变化,池塘 N4R6 的藻类种类数量减少、多样性降低、生物量升高、优势种优势度提高,这可能与背角无齿蚌的养殖密度有关,因此在高温的夏季

适当调整背角无齿蚌的养殖密度,可能对控制池塘水质效果更好。

参考文献:

- [1] Hosper S H. Biomanipulation, new perspective for restoring shallow, eutrophic lakes in the Netherlands[J]. Hydrobiology Bulletin, 1989, 23(1): 5-10.
- [2] Reeders H H, De Vaate A B, Slim F J. The filtration rate of *Dreissena polymorpha* (Bivalvia) in three Dutch lakes with reference to biological water quality management[J]. Freshwater Biology, 1989, 22(1): 133-141.
- [3] Caraco N F, Cole J J, Raymond P A, et al. Zebra mussel invasion in a large, turbid river: phytoplankton response to increased grazing[J]. Ecology, 1997, 78(2): 588-602.
- [4] 杨东妹, 陈宇炜, 刘正文, 等. 背角无齿蚌滤食对营养盐和浮游藻类结构影响的模拟[J]. 湖泊科学, 2008, 20(2): 228-234.
- [5] 彭聪聪, 李卓佳, 曹煜成, 等. 珠江河口区罗非鱼养殖池塘中浮游微藻的群落特征[J]. 农业环境科学学报, 2012, 31(10): 2019-2030.
- [6] 张 玺, 林振涛. 蚌的形态习性和我国习见的种类[J]. 生物学通报, 1959(5): 204-212.
- [7] 胡鸿钧, 李尧英, 魏印心, 等. 中国淡水藻类[M]. 北京: 科学出版社, 2006: 10-478.
- [8] 周凤霞, 陈剑虹. 淡水微型生物图谱[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005: 35-192.
- [9] 谢立民, 林小涛, 许忠能, 等. 不同类型虾池的理化因子及浮游植物群落的调查[J]. 生态科学, 2003, 22(1): 34-37.
- [10] 查广才, 周昌清, 黄建荣, 等. 凡纳对虾淡化养殖虾池微型浮游生物群落及多样性[J]. 生态学报, 2004, 24(8): 1752-1759.
- [11] 陈清潮, 黄良民, 尹健强, 等. 南海群岛海区浮游动物多样性研究[M]. 北京: 海洋出版社, 1994: 42-50.
- [12] Hecky R E, Kilham P. Nutrient limitation of phytoplankton in freshwater and marine environment: a review of recent evidence on effects of enrichment[J]. Limnology and Oceanography, 1988, 33(4): 796-822.
- [13] 段金荣, 张宪中, 刘 凯, 等. 鲢鳙鱼和藻类治理关系的初步研究[J]. 中国农学通报, 2009, 25(20): 327-330.
- [14] 栗 丽, 朱长波, 张汉华, 等. 混养罗非鱼对虾池浮游微藻群落的影响及浮游微藻优势种组成与罗非鱼生长的关系[J]. 广东农业科学, 2011, 38(14): 101-104.
- [15] Scheffer M, Rinaldi S, Gagnani A, et al. On the dominance of filamentous Cyanobacteria in shallow, turbid lakes[J]. Ecology, 1997, 78(1): 272-282.
- [16] 喻 晓, 张修峰, 刘正文. 背角无齿蚌(*Anodonta woodiana*)对浅水系统底栖和浮游藻类竞争关系的影响[J]. 生态科学, 2012, 31(3): 301-305.
- [17] 吴庆龙, 陈宇炜, 刘正文. 背角无齿蚌对浮游藻类的滤食选择性与滤水率研究[J]. 应用生态学报, 2005, 16(12): 2423-2427.
- [18] 卢敬让, 李德尚, 杨红生, 等. 海水池塘鱼贝施肥混养生态系中贝类与浮游生物的相互影响[J]. 水产学报, 1997, 21(2): 158-164.
- [19] 徐钢春, 顾若波, 闻海波, 等. 温度、pH 对圆背角无齿蚌滤水率的影响[J]. 水生生物学报, 2007, 31(4): 600-603.