

# 生物絮团技术在鳙鱼种高密度零换水养殖系统中的应用

刘铁钢 李秀颖 杨炳坤 祖岫杰 刘艳辉\*  
吉林省水产科学研究院 吉林长春 130033

**摘要:** 为了探究生物絮团技术在主养鳙鱼种养殖系统中的作用,采用对比试验法,设试验组和对照组,每组设3个重复,试验组分别以糖蜜、产絮凝剂为碳源,每7天添加一次,并测定氨氮、亚硝酸盐。各组放养鱼类品种、数量、规格完全相同,试验经49天结束,并测定鱼类生长指标。结果表明,糖蜜组、产絮组鱼类特定生长率、日增重率、成活率均显著高于对照组( $P<0.05$ ),饵料系数显著低于对照组( $P<0.05$ )。添加碳源7-49天,糖蜜组、产絮组氨氮、亚硝酸盐显著低于对照组( $P<0.05$ ),第35天实验组均达到最高值。添加碳源能显著降低养殖水体中氨氮、亚硝酸盐等有毒有害物质,促进养殖鱼类生长和提高饲料利用率。

**关键词:** 生物絮团; 碳源; 鳙鱼种; 生长; 水质; 零换水

鳙鱼(*Aristichthys nobilis*)是我国“四大家鱼”之一,为淡水养殖的重要养殖鱼类之一。鳙鱼营养丰富,具有对人体有提高智商、增强记忆、补充营养、延缓衰老等食疗作用<sup>[1-2]</sup>。其营养价值和经济价值已逐渐被消费者所接受和熟知,尤其剁椒鱼头、砂锅鱼头和鳙鱼肉丸等菜肴深受消费者喜爱。据中国渔业年鉴报道,2017年-2019年鳙鱼产量均在310万吨左右,连续位居淡水养殖总产量第三位,占10%以上,仅次于草鱼和白鲢。基于该种经济,鳙鱼种培育方法引起相关学者重视,鳙鱼种培育从过去的主要搭养(夏花到秋片)模式向池塘主养鳙鱼种模式<sup>[3-6]</sup>转变,极大的提高了鳙鱼种产量和生产规模。

池塘集约化养殖的大力推广,大量饲料投入,残饵粪便累积,养殖水体恶化,养殖水环境遭到严重破坏<sup>[7]</sup>。生物絮团技术(Biofloc technology, BFT)是调控养殖池塘水质较好的技术之一,其方法主要是通过向养殖水体添加碳源,调整碳氮比(C/N),调控异养微生物同化吸收水环境中无机氮(氨氮、亚硝酸盐氮及硝酸盐氮),将残饵、有机碎屑、粪便等物质絮凝成颗粒物,被养殖生物所摄食,实现蛋白质的二次利用,达到调控水质的效果<sup>[8-10]</sup>。生物絮团技术目前在水产养殖上主要应用于吃食性鱼类和虾类<sup>[11]</sup>,但在池塘高密度主养鳙的系统研

究未见到报道。

本试验将BFT应用于主养鳙鱼种池塘养殖模式中,研究在零换水BFT对养殖水体调控影响,达到节水减排生态调控作用;同时探究BTF对降低饲料系数、提高养殖鱼成活率、促进生长的影响,为构建以生物絮团技术为基础的鳙鱼种养殖模式提供理论数据。

## 一、材料与方法

### 1. 鳙鱼种放养

试验所用池塘面积为 $6 \times 667\text{m}^2$ ,平均水深为2.0m。鳙鱼种放养平均体重均为3g/尾,密度为12000尾/667m<sup>2</sup>,搭养异育银鲫“中科5号”夏花8000尾/667m<sup>2</sup>、白鲢春片(150g/尾)100尾/667m<sup>2</sup>。

### 2. 生物絮团投放

试验采用研究组发明的产絮凝剂<sup>[12]</sup>、糖蜜作为池塘碳源添加物,并设不添加碳源对照组,按照统计学要求分别设置2个重复。将碳源与池水混合搅拌均匀,全池泼洒。碳源每七天添加1次,添加时开启增氧机,连续添加7周,试验时间为5月27日至7月15日,共49天。碳源添加量按下列公式计算:

$$\Delta_{\text{CH}}=20 \times H \times S \times C_{\text{NH}_3\text{-N}}$$

式中: $\Delta_{\text{CH}}$ 为碳源添加量,g;H为池水深,m;S为池塘面积,m<sup>2</sup>;C<sub>NH<sub>3</sub>-N</sub>为养殖水体氨氮含量,mg/L。

### 3. 试验管理

试验过程中,按鳙鱼体重5%~8%投喂鳙鱼专用粉料和微型膨化颗粒饲料。驯化期间每日投喂粉料3次,6月份开始每日4次,当鳙鱼种规格达80g~90g/尾时改投喂粒径为0.3mm的微型膨化颗粒饲料鱼种配合饲料。异育银鲫“中科5号”按体重5%~8%投喂鲫鱼膨化颗粒饲料。适时开启增氧机,保证池塘水体溶解氧含量在5mg·L<sup>-1</sup>以上。试验期间零换水,只补充蒸发和渗漏水量。试

**基金项目:** 国家大宗淡水鱼产业技术体系建设项目(CARS—45—36),吉林省重点科技攻关项目(20190301040NY、20230202070NC)

**作者简介:** 刘铁钢(1978—),男,汉族,山东诸城,硕士研究生,吉林省水产科学研究院,高级工程师/站长,主要研究方向:鱼类繁育与养殖。

**通信作者:** 刘艳辉(1966—),女,研究员;研究方向:淡水养殖病害。

验过程中水温为 15–28℃, pH7.8–9.2。

#### 4. 指标测定

温度、pH、溶解氧用 YSI Professional Plus2.0 型水质分析仪现场测定, 氨态氮采用纳氏试剂光度法测定, 亚硝酸盐氮采用 N-(1-萘基)-L-胺光度法测定; 三种试验鱼特定生长率 (SGR)、日增重率 (DWGR)、总饲料系数 (VCR) 和成活率 (SR) 运用以下公式计算:

$$SGR (\%) = [(\ln W_1 - \ln W_0) / T] \times 100\%$$

$$DWGR (\%) = [(W_1 - W_0) / W_0 / T] \times 100\%$$

$$SR (\%) = N_1 / N_0 \times 100\%$$

$$FCR = F_w / (W_1 + W_{死} + W_0),$$

式中:  $W_0$  和  $W_1$  分别为鱼体初始和终末体重, g;  $T$  为试验时间, d;  $N_1$  和  $N_0$  分别为鱼体初始和终末数量, 尾;  $F_w$  为饲料投喂重量, g;  $W_{死}$  为试验鱼死亡重量, g。

#### 5. 统计分析

采用 EXCEL 2013 对数据进行统计分析。

### 二、结果与分析

#### 1. 生长与饲料利用情况

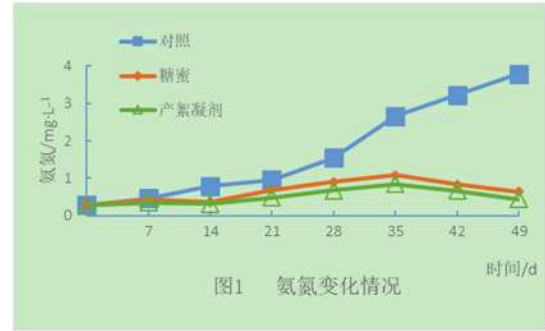
试验组与对照组生长及饲料利用情况见表 1。由表 1 可以看出, 产絮组鲢、鳙、中科 5 号的特定生长率比对照组分别高出 12.48%、1.90%、12.84%, 日增重率比对照组分别高出 42.64%、3.54%、61.04%, 成活率比对照组分别高出 4.22%、1.72%、8.05%, 与对照组存在显著差异性 ( $P < 0.05$ ); 产絮组鳙、中科 5 号的特定生长率比糖蜜组分别高出 11.25%、5.16%, 日增重率比糖蜜组分别高出 17.93%、22.59%, 成活率比糖蜜组分别高出 0.77%、1.61%, 两项指标与糖蜜组存在显著差异性 ( $P < 0.05$ ), 产絮组和糖蜜组鲢在特定生长率、日增重率、成活率上差异不显著 ( $P > 0.05$ ); 糖蜜组和产絮组饲料系数比对照组分别低于 6.7%、10.4%, 三组间存在显著差异性 ( $P < 0.05$ )。

表 1 实验组与对照组生长及饲料利用情况

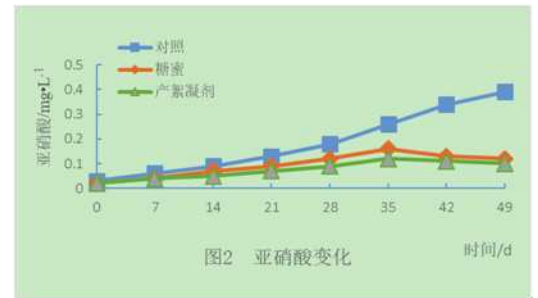
|                          |        | 对照组                       | 糖蜜组                       | 产絮组                        |
|--------------------------|--------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|
| SGR/%<br>d <sup>-1</sup> | 鳙      | 5.45 ± 0.05 <sup>a</sup>  | 5.51 ± 0.03 <sup>b</sup>  | 6.13 ± 0.05 <sup>c</sup>   |
|                          | 鲢      | 2.63 ± 0.01 <sup>a</sup>  | 2.68 ± 0.01 <sup>b</sup>  | 2.68 ± 0.01 <sup>b</sup>   |
|                          | 中科 5 号 | 7.40 ± 0.05 <sup>a</sup>  | 7.94 ± 0.04 <sup>b</sup>  | 8.35 ± 0.08 <sup>c</sup>   |
| DWGR                     | 鳙      | 27.39 ± 0.76 <sup>a</sup> | 33.13 ± 0.53 <sup>b</sup> | 39.07 ± 0.97 <sup>c</sup>  |
|                          | 中科 5 号 | 74.47 ± 1.88 <sup>a</sup> | 97.83 ± 2.13 <sup>b</sup> | 119.93 ± 4.71 <sup>c</sup> |
| SR                       | 鳙      | 93.22 ± 0.39 <sup>a</sup> | 96.41 ± 0.16 <sup>b</sup> | 97.15 ± 0.26 <sup>c</sup>  |
|                          | 鲢      | 96.67 ± 1.15 <sup>a</sup> | 98.28 ± 0.47 <sup>b</sup> | 98.33 ± 0.58 <sup>b</sup>  |
|                          | 中科 5 号 | 86.79 ± 0.43 <sup>a</sup> | 92.29 ± 0.39 <sup>b</sup> | 93.78 ± 0.78 <sup>c</sup>  |
| FCR                      |        | 1.64 ± 0.02 <sup>a</sup>  | 1.53 ± 0.02 <sup>b</sup>  | 1.47 ± 0.02 <sup>c</sup>   |

注: 同行肩标字母不同表示差异显著 ( $P < 0.05$ ), 字母相同表示差异不显著 ( $P > 0.05$ )。

#### 2. 氨氮与亚硝酸变化情况



氨氮变化情况见图 1。在试验期间, 对照组氨氮一直在上升, 在结束时达到最大值 3.78 mg/L, 此时糖蜜组和产絮组分别降为 0.65 mg/L、0.44 mg/L; 糖蜜组和产絮组试验期间氨氮变化趋势基本一致, 第 14 天有个小回落, 分别为 0.36 mg/L、0.32 mg/L, 与对照组存在显著差异 ( $P < 0.05$ )。21–49 天糖蜜组和产絮组显著差异 ( $P < 0.05$ ), 与对照组极显著差异 ( $P < 0.01$ ); 第 35 天分别达到最高值 1.08 mg/L、0.85 mg/L。



氨氮变化情况见图 2。在试验期间, 对照组亚硝酸一直在上升, 在结束时达到最大值 0.39 mg/L, 此时糖蜜组和产絮组分别为 0.12 mg/L、0.10 mg/L; 糖蜜组和产絮组试验期间亚硝酸变化趋势基本一致, 两组间差异不显著 ( $P > 0.05$ , 第 35 天除外), 第 35 天达到峰值, 分别为 1.08 mg/L、0.85 mg/L, 三组间存在显著差异 ( $P < 0.05$ )。7 天前, 三组亚硝酸变化不大, 之后至实验结束, 对照组与糖蜜组和产絮组存在显著差异 ( $P < 0.05$ )。

### 三、讨论

#### 1. 添加生物絮团对鱼类生长及饲料利用的影响

鳙摄食由浮游生物转变为人工配合饲料是因其进食主要靠鳃耙滤食特性决定的<sup>[13]</sup>, 可吞食有生物絮团絮凝成的颗粒物质, 有效地利用养殖水体中废物, 提高饲料利用率, 提高养殖对象的生长和存活率<sup>[14-15]</sup>。汪晓浚<sup>[16]</sup>研究表明, 生物絮团技术促进鲢鱼生长, 提高特定生长率、日增重率和成活率, 显著降低饵料系数。本研究结果表明, 糖蜜组和产絮组鲢、鳙、中科 5 号的特定生长率、日增重率和成活率均高于对照组, 与对照组存在显著差异 ( $P < 0.05$ ); 产絮组生长指标高于糖蜜组, 两

组间存在显著差异 ( $P < 0.05$ , 鲢除外)。鲢、鳙是滤食性鱼类, 异育银鲫“中科5号”是摄食性鱼类, 均能摄食生物絮团, 且其摄食絮团粒径随着鱼体增长而增大, 提高饲料利用率, 本研究产絮组饲料系数比对照组低10.4%, 表明生物絮团能够被养殖鱼类和好的利用。生物絮团含有丰富的营养成分, 符合水产养殖动物的营养需求, 是鱼类潜在的可食用天然饵料, 有助于降低水产动物的饲料系数<sup>[17]</sup>, 本研究与多个研究的结果是相符合。

## 2. 添加生物絮团对养殖水体的影响

生物絮团技术在净化养殖水质, 改善水体环境方面作用明显, 添加的碳源会加快异养细菌繁殖, 从而促进对氮的吸收<sup>[18]</sup>, 降低氨氮和亚硝酸盐氮浓度, 达到改善养殖水质的目的。本研究中, 前7天三组实验氨氮和亚硝酸变化不大, 此后至实验结束, 糖蜜组和产絮组低于对照组, 存在显著差异, 说明添加生物絮团两周后养殖水体发生显著变化, 生物絮团已经影响并降低氨氮与亚硝酸值; 在35天糖蜜组和产絮组达到最高值, 说明生物絮团已稳定大量形成, 在阶段形成中达到峰值, 在氨氮、亚硝酸的形成中起到关键作用, 能够有效抑制二者的生成。饶毅等<sup>[19]</sup>研究表明添加碳源18天后形成稳定生物絮团, 罗文等<sup>[20]</sup>研究表明30天形成稳定生物絮团, 赵志刚<sup>[21]</sup>等研究表明添加碳源22天生物絮团量达到峰值, 这与本研究35天形成稳定生物絮团不同, 推测原因可能是养殖鱼类种类、数量、规格、水温、碳源种类和添加量、池塘环境有关, 需要更多试验研究去阐明。

## 参考文献:

[1]李梅梅, 刘丹丹, 吉红, 等. 鳙鱼头食用价值的研究[J]. 中国食物与营养, 2008(6): 53-55

[2]杨品红, 王志陶, 夏德斌, 李梦军, 等. 黑花鳙(Aristichthys nobilis)和 白花鳙肌肉营养成分分析及营养价值评定[J]. 海洋与湖沼, 2010, 41(4): 549-554

[3]祖岫杰, 刘铁钢, 李改娟, 刘艳辉. 北方地区池塘主养鳙鱼种试验[J]. 科学养鱼, 2007(10): 8-9

[4]刘富强, 任武成, 夏广济. 盐碱滩池塘以鳙鱼为主养殖模式的试验总结[J]. 河南水产, 2003(3): 14

[5]张耀武. 池塘主养鳙鱼种高产技术[J]. 内陆水产, 2007, 32(4): 11-12

[6]张从义, 石义元, 朱勇夫, 蒋金山, 雷晓中, 等. 池塘鳙鱼主养放养模式研究[J]. 湖北农业科学, 2019, 58(4): 68-73

[7]苗淑彦, 王际英, 张利民, 等. 水产动物残饵及粪

便对养殖水环境的影响[J]. 饲料研究, 2009(2): 64-67.

[8]Schneider O, Sereti V, Eding E H, et al. Analysis of nutrient flows in integrated intensive aquaculture systems[J]. Aquacultural engineering, 2005, 32(3): 379-401.

[9]罗亮, 张家松, 李卓佳. 生物絮团技术特点及其在对虾养殖中的应用[J]. 水生态学杂志, 2011, 32(5): 129-133.

[10]Crab R, Avnimelech Y, Defoirdt T, et al. Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production[J]. Aquaculture, 2007, 270(1): 1-14.

[11]刘艳辉, 高春山, 刘铁钢, 等. 添加碳源对福瑞鲤2号苗种生长及养殖池塘水质的影响[J]. 河北渔业, 20214(328): 11-14

[12]李改娟, 刘艳辉, 祖岫杰, 刘铁钢, 等. 一种产絮凝剂[P]. 中国, CN201911250216.2, 2020.02.18: 1

[13]SUN S M, WU Y, YU H. Serum biochemistry, liver histology and transcriptome profiling of bighead carp *Aristichthys nobilis* following different dietary protein levels[J]. Fish and Shellfish Immunology, 2019, 86: 832-839

[14]Crab R, Avnimelech Y, Defoirdt T, et al. Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production[J]. Aquaculture, 2007, 270(1): 1-14.

[15]Avnimelech Y, Kochba M. Evaluation of nitrogen uptake and excretion by tilapia in biofloc tanks, using 15N tracing[J]. Aquaculture, 2009, 287(1-2): 163-168.

[16]汪晓浚. 生物絮团技术在团头鲂幼鱼零换水养殖中的应用研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2015: 1-72

[17]李彦, 刘利平, 赵广学, 等. 养殖水体中添加碳源对水质及罗非鱼生长的影响[J]. 大连海洋大学学报, 2013, 28(1): 55-60

[18]Hargreaves J A. Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture[J]. Aquacultural engineering, 2006, 34(3): 344-363

[19]饶毅, 徐先栋, 丁立云, 等. 不同饲料投喂量下生物絮团技术对草鱼养殖及水质的影响[J]. 湖南农业科学, 2020(4): 1-54+57

[20]罗文, 王广军, 龚望宝, 等. 生物絮团技术对彭泽鲫生长及养殖水质的影响[J]. 南方农业学报, 2014, 45(2): 318-322

[21]赵志刚, 徐奇友, 罗亮, 等. 添加碳源对松浦镜鲤养殖池塘鱼体生长及水质影响[J]. 东北农业大学学报, 2013, 44(9): 105-112