

王飞飞, 覃宝利, 王信海, 等. 大鳞鲃主养池理化因子、浮游生物及养殖效果分析[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(22): 168–172.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.22.039

大鳞鲃主养池理化因子、浮游生物及养殖效果分析

王飞飞, 覃宝利, 王信海, 丁辰龙, 蔺玉华

(江苏省农业科学院宿迁农科所, 江苏宿迁 223800)

摘要:于 2016 年 5 月 15 日至 10 月 15 日研究江苏省宿迁市宿豫区 3 口大鳞鲃 (*Barbus capito*) 养殖池塘的理化环境、浮游生物和大鳞鲃的生长情况。结果表明: (1) 试验期间, 池塘内水温平均为 26.8 °C, 透明度为 25 cm, 溶解氧含量为 5.6~7.8 mg/L, pH 值为 8.2~8.7, 盐度平均为 0.21‰, 硬度为 3.94~4.22 mmol/L, 碱度为 6.45~7.21 mmol/L, $\text{NH}_4^+ + \text{NH}_3$ 含量为 0.49~0.67 mg/L, 总氮 (TN) 含量为 0.73~1.21 mg/L, 总磷 (TP) 含量为 0.32~0.41 mg/L, 化学耗氧量为 14.63~17.15 mg/L, 水型为 C_1^{Me} 水质。 (2) 共检测到浮游植物 5 门 15 属 (种), 蓝藻门 (Cyanophyta) 种类占浮游植物属 (种) 33.33%, 其次是绿藻门 (Chlorophyta, 26.67%) 和硅藻门 (Baeillariophyta, 26.67%), 优势物种为蓝藻门中的微囊藻属 (*Microcystis*)。浮游植物数量为 $(4.94 \sim 14.80) \times 10^6$ ind/L, 生物量为 19.11~52.75 mg/L; (3) 共检测到浮游动物 4 类 14 种, 其中原生动物 (zooplankton) 种类数量最多, 有 5 种, 占浮游动物总种类数的 35.71%, 以单环桡毛虫 (*Didinium. balbiani*) Fabre Domergue 和茂爽口虫 (*Climacocoonum. virens*) 为主; 轮虫有 4 种, 占浮游动物总种类数的 28.57%; 枝角类 (Cladocera) 有 3 种, 占浮游动物总种类数的 21.43%; 桡足类 (Copepoda) 有 2 种, 占浮游动物总种类数的 14.29%。浮游动物数量为 56.0~1 552.9 ind/L, 生物量为 1.811~39.004 mg/L; (4) 试验期间, 大鳞鲃的全长变化范围为 8.26~36.12 cm, 体质量的变化范围为 8.23~358.15 g。结果说明, 大鳞鲃全长、体质量变化与溶氧量、亚硝态氮浓度、耗氧量、浮游动物生物量显著相关 ($P < 0.05$)。

关键词:大鳞鲃; 混养池塘; 理化环境; 浮游生物; 生长率

中图分类号: S964.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)22-0168-05

大鳞鲃 (*Barbus capito*) 属于鲤科 (Cyprinidae) 鲃亚科 (Barbinae) 鲃属 (*Barbus*), 原产于乌兹别克斯坦的阿姆河, 具有肉质鲜美、生长速度快、抗逆性强、耐盐碱等优良性状^[1]。2003 年由黑龙江水产研究所通过引智途径从乌兹别克斯坦引入我国。十几年来, 科技工作者对大鳞鲃的生物学特性、养殖生物学、繁殖生理及遗传学等方面进行了研究^[2-4], 有力地促进了大鳞鲃的养殖和推广。

野生大鳞鲃为杂食性鱼类, 以植物碎片、底栖动物和鱼虾为主要食物来源^[5], 在池塘人工养殖条件下, 可采用鲤鲫池塘养殖模式^[6], 也有学者进行了放养密度相关研究^[7], 但对大鳞鲃养殖池塘水体环境的研究尚未见报道。养殖池塘水体环境对鱼类生长及产量具有重要影响, 将浮游生物组成分析与化学检测结合对养殖池塘水体进行评价, 分析浮游生物与水体氮磷的变化规律, 可提高池塘初级生产力以及单位面积产量, 推进养殖业健康、快速的发展^[8]。因此笔者所在课题组对适宜放养密度下大鳞鲃主养池塘水质进行监测和对浮游生物进行分析, 研究不同时间段池塘水质情况及水中浮游生物组成, 旨在为主养大鳞鲃的池塘养殖模式奠定生态学基础。

1 材料与方法

1.1 试验池塘和养殖模式

试验选取的 3 口大鳞鲃 (*Barbus capito*) 养殖池塘位于江苏省宿迁市宿豫区 (地理位置为 33°97′32″N、118°32′30″E), 池塘面积均为 3 900 m², 平均水深 1.5 m, 水源为地下水。池塘采用大鳞鲃、鲢 (*Hypophthalmichthys molitrix*) 和鳊 (*Aristichthys nobilis*) 混养, 试验前 1 周每个池塘投放 2015 年孵化的大鳞鲃苗 22 500 尾/hm², 鲢 750 尾/hm², 鳊 1 500 尾/hm², 放养规格均为 50 g/尾。试验期间, 向池塘内投喂混养鱼类配合饲料 (苏州海大饲料有限公司), 池塘只补充蒸发等损耗水分。养殖池水初始理化因子为 pH 值 7.9、盐度 0.12‰, 含 Cl^- 66.3 mg/L、 SO_4^{2-} 81.3 mg/L, 碱度为 3.52 mmol/L, 含 $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ 16.6 mg/L、 Mg^{2+} 33.1 mg/L、 Ca^{2+} 25.2 mg/L, 硬度为 1.92 mmol/L, 含 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 0.043 mg/L、 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 0.002 2 mg/L、 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 0.036 mg/L、 $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$ 0.045 mg/L。养殖期间各池塘管理一致。

1.2 采样与分析

采样时间为 2016 年 5 月 15 日至 10 月 15 日的 08:00—10:00, 水质每月现场测定水温、透明度、pH 值和溶解氧含量 (简称溶氧量)。pH 值的测量使用 PHBJ-260 便携式 pH 测定仪 (上海精密仪器厂); 水温测定使用 WNY-01 直形棒式普通玻璃温度计, 在水深 0.5、1.5 m 处分别测量取平均值; 透明度采用赛氏圆盘法测量; 溶解氧含量的测定参照 YSI DO 200 型便携式溶解氧测定仪 (北京康高特科技有限公司), 其

收稿日期: 2017-06-14

基金项目: 江苏省农业科技自主创新资金 [编号: CX(14)2076]。

作者简介: 王飞飞 (1983—), 男, 江苏宿迁人, 硕士, 助理研究员, 主要从事生态养殖方面的研究。E-mail: 237230884@qq.com。

通信作者: 丁辰龙, 研究员, 主要从事水产养殖方面的研究。E-mail: wff03151402@163.com。

余各项水化指标的测定均按照《水和废水监测分析方法》在实验室内完成^[9]。水化分析采用 GB3838—2002《地表水环境质量标准》、GB11607—1989《渔业水质标准》的方法完成。

有机玻璃采水器在池塘固定位置(池塘对角线两端,离岸约 2 m 处)水面下 50 cm 处采集水样,取 1 L 水样测定浮游植物和小型浮游动物种类、数量、生物量,用鲁哥氏液固定,沉淀、浓缩后,按显微镜视野法计数。大型浮游动物采水 5 ~ 10 L,用 25 号浮游生物网过滤,加 5% 甲醛固定,在显微镜下全部计数。随机选取 20 ~ 50 个浮游植物细胞,用目微尺测量大小,取其平均体积,按比重为 1 换算成生物量,浮游植物分类参考胡鸿钧等方法^[10],浮游动物定量参照文献[11]。

表 1 养殖池塘内水温、透明度、溶解氧含量、pH 值和盐度

月份	水温 (℃)	透明度 (cm)	溶解氧含量 (mg/L)	pH 值	盐度 (%)
5	20.1 ± 0.2	26 ± 2	7.4 ± 0.7	8.2 ± 0.2	0.19 ± 0.07
6	23.6 ± 0.2	32 ± 2	6.5 ± 0.8	8.4 ± 0.3	0.20 ± 0.07
7	25.4 ± 0.3	26 ± 2	5.6 ± 0.8	8.3 ± 0.2	0.21 ± 0.05
8	28.3 ± 0.2	20 ± 2	7.1 ± 0.7	8.5 ± 0.2	0.19 ± 0.06
9	27.2 ± 0.3	23 ± 2	7.8 ± 0.8	8.7 ± 0.1	0.23 ± 0.08
10	25.7 ± 0.2	25 ± 2	7.6 ± 0.8	8.7 ± 0.1	0.21 ± 0.06
平均	26.8 ± 1.5	25 ± 3	7.0 ± 1.2	8.5 ± 0.7	0.21 ± 0.09

由表 2 可知,池塘水质阴离子以 HCO₃⁻ 为主,平均质量浓度为 421.29 mg/L,占离子总量的 55.73%;阳离子以 Na⁺ 和 K⁺ 为主,平均质量浓度为 87.05 mg/L,占离子总量的 11.51%。离子含量在各月间无明显差异,水中离子含量排序

1.3 数据分析

采用 SPSS 19 软件进行统计分析,描述性统计值使用“平均值 ± 标准差”表示,显著水平为 0.05。

2 结果与分析

2.1 水质主要理化指标

由表 1 可知,5 至 10 月平均水温为 26.8 ℃,8 月水温最高,为 28.3 ℃,各月份温度变化不大。水质透明度均值为 25 cm,8 月透明度最差,为 20 cm。pH 均值为 8.5,盐度均值为 0.21%,池塘水温适宜,pH 值偏高。

依次为 HCO₃⁻ > Na⁺ + K⁺ > Mg²⁺ > SO₄²⁻ > Cl⁻ > Ca²⁺。硬度均值为 4.10 mmol/L,碱度均值为 6.91 mmol/L。根据 O. A. 阿列金水化学分类法,池塘水型为碳酸盐类镁组 I 型水 C₁^{Mg}。

表 2 养殖池塘内主要离子浓度、碱度和硬度

月份	Cl ⁻ 浓度 (mg/L)	SO ₄ ²⁻ 浓度 (mg/L)	HCO ₃ ⁻ 浓度 (mg/L)	Ca ²⁺ 浓度 (mg/L)	Mg ²⁺ 浓度 (mg/L)	Na ⁺ + K ⁺ 浓度 (mg/L)	碱度 (mmol/L)	硬度 (mmol/L)
5	62.74 ± 1.21	65.24 ± 2.82	415.35 ± 5.63	34.68 ± 1.43	74.79 ± 1.45	83.16 ± 3.21	6.81 ± 0.27	3.94 ± 0.08
6	66.22 ± 1.53	72.58 ± 2.12	439.81 ± 8.77	37.56 ± 1.53	76.35 ± 2.33	86.54 ± 3.52	7.21 ± 0.29	4.08 ± 0.11
7	64.28 ± 2.08	70.25 ± 1.94	393.45 ± 7.65	41.47 ± 1.34	77.32 ± 0.95	88.65 ± 3.84	6.45 ± 0.31	4.22 ± 0.13
8	65.49 ± 1.75	62.54 ± 0.85	417.24 ± 5.63	34.26 ± 0.75	78.25 ± 1.67	82.46 ± 2.85	6.84 ± 0.27	4.07 ± 0.07
9	67.25 ± 0.97	73.26 ± 1.92	434.25 ± 6.84	36.68 ± 1.23	79.25 ± 1.92	90.25 ± 3.17	7.12 ± 0.37	4.18 ± 0.16
10	64.21 ± 1.25	67.45 ± 1.77	427.61 ± 5.37	35.23 ± 0.94	78.6 ± 1.74	91.24 ± 3.35	7.01 ± 0.24	4.11 ± 0.14
平均	65.03 ± 4.65	68.55 ± 5.82	421.29 ± 7.92	36.65 ± 2.67	77.42 ± 3.54	87.05 ± 5.64	6.91 ± 0.72	4.10 ± 0.89

由表 3 可知,池塘水中的总氮(TN)质量浓度平均为 0.93 mg/L,总磷(TP)质量浓度平均为 0.36 mg/L,氮磷比为 2.58,耗氧量平均为 16.34 mg/L,亚硝酸盐质量浓度平均为

0.003 7 mg/L,8 月份亚硝酸盐质量浓度最高,为 0.005 6 mg/L,超出渔业水质标准亚硝酸盐质量浓度(≤0.005 mg/L)。

表 3 养殖池塘内氮、磷和有机质含量

月份	NH ₄ ⁺ + NH ₃ 浓度 (mg/L)	NO ₂ ⁻ 浓度 (mg/L)	NO ₃ ⁻ 浓度 (mg/L)	TN 浓度 (mg/L)	TP 浓度 (mg/L)	耗氧量 (mg/L)
5	0.49 ± 0.03	0.001 9 ± 0.000 3	0.24 ± 0.06	0.73 ± 0.06	0.32 ± 0.06	14.63 ± 0.84
6	0.53 ± 0.04	0.002 1 ± 0.000 3	0.26 ± 0.06	0.79 ± 0.06	0.34 ± 0.06	15.62 ± 0.84
7	0.62 ± 0.09	0.002 9 ± 0.000 2	0.43 ± 0.05	1.05 ± 0.08	0.41 ± 0.05	16.41 ± 0.78
8	0.67 ± 0.07	0.005 6 ± 0.000 4	0.54 ± 0.08	1.21 ± 0.08	0.39 ± 0.05	16.81 ± 0.72
9	0.61 ± 0.06	0.004 8 ± 0.000 3	0.32 ± 0.04	0.93 ± 0.06	0.37 ± 0.04	17.15 ± 0.81
10	0.59 ± 0.05	0.004 6 ± 0.000 3	0.30 ± 0.05	0.89 ± 0.07	0.35 ± 0.04	16.72 ± 0.81
平均	0.59 ± 0.11	0.003 7 ± 0.000 9	0.35 ± 0.10	0.93 ± 0.13	0.36 ± 0.09	16.34 ± 0.76

2.2 浮游植物的物种组成

试验期间从养殖池塘鉴定出浮游植物 15 属(种)(表 4),隶属于 5 门 11 属,蓝藻门(Cyanophyta)种类占浮游植物属/

种 33.33%,其次是绿藻门(Chlorophyta,26.67%)和硅藻门(Baellariophyta,26.67%),硅藻门中以角毛藻属(*Chaetoceros* sp.)为主,绿藻门中以新月藻属(*Closterium* sp.)为主。

表 4 大鳞鲃池塘浮游植物种类随时间的变化情况

门	属	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月
蓝藻门(Cyanophyta)	微囊藻(<i>Microcylsis</i> sp.)	+	++	++	+++	+++	++
	颤藻(<i>Oscillatoria</i> sp.)	+	+	+	++	+	+
	螺旋藻(<i>Spirulina</i> sp.)	—	—	—	+	+	+
	螺旋鞘丝藻(<i>Lyngbya contarta</i>)	—	—	—	+	+	+
	水华束丝藻(<i>Aphanizomenon flosaquae</i>)	—	—	—	+	+	+
裸藻门(Englenophyta)	囊裸藻(<i>Trachelomonas</i> sp.)	+	+	++	+	—	—
硅藻门(Baeillariophyta)	角毛藻(<i>Chaetoceros</i> sp.)	+	++	++	+	+	+
	双菱藻(<i>Surirella</i> sp.)	—	—	—	+	—	—
	直链藻(<i>Melosira</i> sp.)	+	+	+	+	—	—
	肘状针杆藻(<i>Synedra ulna</i>)	+	+	+	+	+	—
绿藻门(Chlorophyta)	新月藻(<i>Closterium</i> sp.)	+	++	+	—	—	—
	鼓藻(<i>Cosmarium</i> sp.)	—	—	+	+	+	+
	四尾栅藻(<i>Scenedesmus quadricauda</i>)	+	+	++	+	+	+
	二行栅藻(<i>Scenedesmus dimorphus</i>)	+	+	++	+	+	—
隐藻门(Cryptophyta)	隐藻(<i>Cryptomonas</i> sp.)	+	+	+	—	—	—

注：“—”为未出现，“+”为不常见，“++”为常见、有一定数量，“+++”为数量较多。

试验期间养殖池塘浮游植物数量变化范围为(4.94 ~ 14.80) × 10⁶ ind/L,生物量变化范围为19.11 ~ 52.75 mg/L (表5),总体来看,蓝藻门中的微囊藻属(*Microcylsis* sp.)为优势物种,其密度和生物量先升后降,8月达到最大值,显著高

于5、6月($P<0.05$),后2月虽呈下降趋势,但依然处在较高水平。绿藻门和硅藻门在5—7月出现较多,此时段新月藻、四尾栅藻、二行栅藻和角毛藻为优势种。

表 5 大鳞鲃池塘浮游植物数量和生物量随时间的变化情况

类别	5 月		6 月		7 月	
	数量(× 10 ⁶ ind/L)	生物量(mg/L)	数量(× 10 ⁶ ind/L)	生物量(mg/L)	数量(× 10 ⁶ ind/L)	生物量(mg/L)
蓝藻门	0.91 ± 0.20	2.13 ± 0.69	2.91 ± 0.61	6.23 ± 2.48	4.90 ± 0.92	9.18 ± 2.63
裸藻门	0.51 ± 0.14	0.61 ± 0.16	0.79 ± 0.31	0.95 ± 0.29	1.58 ± 0.78	1.86 ± 0.94
硅藻门	1.42 ± 0.30	6.65 ± 1.89	3.00 ± 0.72	14.39 ± 3.12	4.13 ± 0.87	19.33 ± 3.81
绿藻门	1.71 ± 0.24	10.23 ± 3.15	3.18 ± 0.68	19.11 ± 4.21	3.52 ± 0.90	21.06 ± 4.35
隐藻门	0.39 ± 0.20	0.77 ± 0.24	0.62 ± 0.36	1.22 ± 0.48	0.67 ± 0.26	1.32 ± .0.45
合计	4.94 ± 0.23	20.39 ± 4.15	10.51 ± 2.48	41.90 ± 5.89	14.80 ± 2.87	52.75 ± 6.78

类别	8 月		9 月		10 月	
	数量(10 ⁶ ind/L)	生物量(mg/L)	数量(10 ⁶ ind/L)	生物量(mg/L)	数量(10 ⁶ ind/L)	生物量(mg/L)
蓝藻门	6.85 ± 1.02	13.68 ± 2.96	6.67 ± 0.99	11.56 ± 1.97	5.79 ± 0.83	10.86 ± 0.52
裸藻门	0.79 ± 0.14	0.96 ± 0.55	0	0	0	0
硅藻门	2.96 ± 0.86	13.84 ± 2.76	1.10 ± 0.31	5.14 ± 1.63	0.86 ± 0.28	4.01 ± 2.01
绿藻门	1.13 ± 0.51	6.76 ± 1.53	0.97 ± 0.16	5.80 ± 2.13	0.71 ± 0.19	4.24 ± 1.97
隐藻门	0	0	0	0	0	0
合计	11.73 ± 2.61	35.24 ± 5.56	8.74 ± 2.43	22.50 ± 3.56	7.36 ± 1.39	19.11 ± 3.79

试验期间,7月藻类植物的密度和生物量最大。总体比较5门藻类的密度,排序为蓝藻门>硅藻门>绿藻门>裸藻门>隐藻门;生物量方面,排序为硅藻门>蓝藻门>绿藻门>裸藻门>隐藻门。

2.3 浮游动物的物种组成

试验期间从养殖池塘鉴定出浮游动物4类14种(表6)。其中,原生动物(Protozoa)有5种,数量最多,占35.71%,以单环桡毛虫(*Didinium. balbiani* Fabre Domergue)和茂爽口虫(*C. virens*)为主;轮虫(Rotipera)有4种,占28.57%,以真翅多肢轮虫(*Polyarthra. euryp*tera)为主;枝角类(Cladocere)有3种,占21.43%;桡足类(Copepoda)有2种,占14.29%。

从月度变化来看,5月份4类浮游动物密度和生物量均达最高值,具体来看,轮虫和原生动物密度和生物量5—7月

最大,8—10月明显减少;枝角类和桡足类密度和生物量变化趋势为6月下降,7月升高,8—10月逐月下降。

试验期间浮游动物密度变化范围为56.0 ~ 1552.9 ind/L,生物量为1.811 ~ 39.004 mg/L(表7)。5月浮游生物密度和生物量最大,10月最小。总体比较4类浮游动物的数量,排序为轮虫>原生动物>枝角类>桡足类;生物量方面,排序为桡足类>枝角类>轮虫>原生动物。

2.4 大鳞鲃鱼生长与浮游生物、环境因子相关性分析

试验期间,经检测大鳞鲃全长的变化范围为(8.26 ± 1.28) ~ (36.12 ± 1.85) cm(图1),体质量的变化范围为(8.23 ± 2.36) ~ (358.15 ± 40.25) g(图2)。全长与溶氧量、NO₂⁻浓度、COD、浮游动物生物量显著相关,体质量与溶氧量、NO₂⁻浓度、浮游动物生物量显著相关(表8)。

表 6 大鳞鲃池塘浮游动物种类随时间的变化情况

类别	种类	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月
原生动物(Protozoa)	淡水筒壳虫(<i>T. fluvatile</i> Stein)	—	—	—	+	+	+
	毛板壳虫(<i>Coleps hirtus</i> Hitzsch)	+	+	+	—	+	—
	单环栉毛虫(<i>D. balbianii</i> Fabre Domergue)	+	+	+	+	+	+
	茂爽口虫(<i>C. virens</i>)	—	—	—	+	+	+
	小旋口虫(<i>Spirostomum minus</i>)	—	+	+	+	+	+
轮虫(Rotipera)	真翅多肢轮虫(<i>P. euryptera</i>)	+	+	+	—	—	—
	前节晶囊轮虫(<i>Asplachna priodonta</i>)	+	+	+	+	—	—
	萼花臂尾轮虫(<i>Brahionus calyciflorus</i>)	+	+	+	+	+	—
	曲腿龟甲轮虫(<i>Keratella valga</i>)	+	+	+	+	—	—
枝角类(Cladocere)	长肢秀体蚤(<i>Diaphanosoma leuchtenbergianum</i>)	+	+	+	+	+	+
	多刺裸腹蚤(<i>Moinidae micrura</i>)	+	+	+	+	+	+
	圆形盘肠蚤(<i>Chydorus sphaericus</i>)	—	—	+	+	+	+
桡足类(Copepoda)	大型中镖水蚤(<i>Sinodiantomus sarsi</i>)	—	—	+	+	+	+
	细巧华哲水蚤(<i>Sinocalnus tenellus</i>)	+	+	+	+	—	—

注:“—”为未出现;“+”为出现。表 7 同。

表 7 大鳞鲃池塘浮游动物密度与生物量随时间的变化情况

类别	5 月		6 月		7 月	
	数量(×10 ⁶ ind/L)	生物量(mg/L)	数量(×10 ⁶ ind/L)	生物量(mg/L)	数量(×10 ⁶ ind/L)	生物量(mg/L)
原生动物	453.5±28.4	0.166±0.012	278.5±20.3	0.102±0.004	371.5±29.1	0.071±0.002
轮虫	969.8±55.4	6.001±0.245	360.6±25.4	2.234±0.089	167.6±15.5	1.035±0.067
枝角类	38.8±5.3	1.647±0.123	21.7±2.5	0.921±0.068	62.4±9.3	2.436±0.123
桡足类	90.8±8.7	31.190±2.048	64.5±5.4	22.156±1.031	71.3±8.5	23.873±1.456
合计	1 552.9±80.6	39.004±4.321	725.3±38.4	25.413±3.121	672.8±40.6	27.416±4.562

类别	8 月		9 月		10 月	
	数量(×10 ⁶ ind/L)	生物量(mg/L)	数量(×10 ⁶ ind/L)	生物量(mg/L)	数量(×10 ⁶ ind/L)	生物量(mg/L)
原生动物	73.6±8.3	0.031±0.004	35.6±6.1	0.019±0.006	24.5±4.3	0.013±0.004
轮虫	54.7±6.4	0.367±0.051	36.7±8.2	0.267±0.034	20.6±5.3	0.150±0.019
枝角类	28.5±5.5	1.145±0.102	13.5±3.3	0.472±0.067	6.3±1.9	0.220±0.037
桡足类	21.4±5.0	6.971±0.074	9.6±2.4	2.983±0.012	4.6±1.1	1.428±0.008
合计	178.2±20.6	8.514±0.435	95.4±12.3	3.741±0.189	56.0±8.2	1.811±0.189

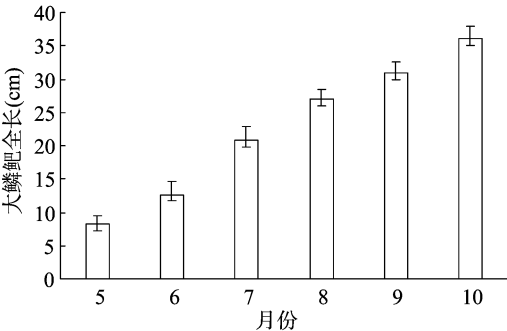


图1 大鳞鲃鱼全长变化

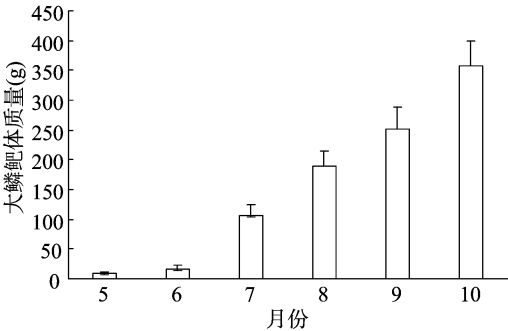


图2 大鳞鲃鱼体质量变化

表 8 大鳞鲃全长、体质量与浮游生物量、环境因子相关关系

生长指标	类别	温度	NH ₄ ⁺ +NH ₃	pH 值	溶氧量	NO ₂ ⁻	TN	COD	TP	浮游植物生物量	浮游动物生物量
全长	相关性	0.802	-0.579	0.384	0.902 *	0.871 *	0.500	0.902 *	0.424	-0.285	-0.944 **
	显著性	0.055	0.228	0.452	0.014	0.024	0.313	0.014	0.402	0.584	0.005
体质量	相关性	0.683	-0.535	0.498	0.910 *	0.819 *	0.357	0.807	0.258	-0.433	-0.920 **
	显著性	0.135	0.274	0.315	0.012	0.046	0.488	0.052	0.622	0.391	0.009

注:“*”“**”分别表示显著($P<0.05$)、极显著($P<0.01$)相关。

3 讨论

3.1 水质理化性状评价

温度是影响鱼类生长的重要因子,徐伟等研究认为大鳞鲃最佳养殖温度为 24~27℃,大鳞鲃养殖池试验期间水温平均为 26.8℃,且大部分时间处在最佳养殖温度范围,水温适合大鳞鲃鱼生长发育^[7]。试验期间养殖池水 pH 均值为 8.5,符合渔业水质标准(6.5~8.5)。水体碱度均值为 6.91 mmol/L,碱度 10 mmol/L 是鱼类碱中毒的限量^[12],表明未超过碱中毒限量,水体硬度均值为 4.1 mmol/L。养殖池中 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 离子含量偏多,一方面是由于水源地本身含量较多,其次是该地区土壤矿化度较高所致。养殖池耗氧量(COD)平均为 16.34 mg/L,与以草食性鱼类为主的池塘耗氧量(15~20 mg/L)类似。亚硝态氮(NO_2^-)的毒性主要影响氧的运输、重要化合物的氧化及损害气管组织^[13],大鳞鲃养殖池水体亚硝态氮浓度平均为 0.003 7 mg/L,虽低于渔业水质标准亚硝酸盐质量浓度(≤ 0.005 mg/L),但 8 月以后明显升高,此时要注意水质变化,加强防范。养殖池塘水体的总氮质量浓度为 0.93 mg/L,总磷质量浓度为 0.36 mg/L,氮磷比为 2.58,水质为重富营养型水体^[14-15],因此应注重调节水质。

3.2 浮游生物种群、数量与生物量

前人研究表明草鱼、鲢鱼和鲤鱼混养池塘中浮游植物、浮游动物生物量分别为 2.54~32.69、1.07~13.03 mg/L,试验期间大鳞鲃养殖池浮游植物、浮游动物生物量范围分别为 19.11~52.75、1.811~39.004 mg/L,高于上述混养池塘浮游生物量,达到肥水高产鱼池标准,可能是本试验投放的鲢鳙鱼规格较小,对浮游生物滤食能力不强所致^[16-17]。在浮游植物组成中,前期以绿藻门和硅藻门为主,8—10 月以蓝藻门为主,这与鲢鳙混合养殖模式结论类似^[18],8 月以后池塘易发生水华,微囊藻又含有毒素,不利于大鳞鲃生长发育,应及时换水或用药去除蓝藻。在浮游动物组成中,原生动物和轮虫密度最大,有报道称大鳞鲃幼鱼期最佳饵料是轮虫^[19],本试验前期 5、6 月轮虫密度最大,为大鳞鲃幼鱼提供丰富的饵料,利于生长发育。养殖池后期浮游动物减少,大鳞鲃主要以饲料为主,此时投饵量充足,腐殖质和鱼类排泄物较多,池水水质呈现一定的富营养化,因此应注意调节水质,防范阴雨高温天气,避免鱼池缺氧泛塘。

3.3 大鳞鲃养殖效果分析

徐伟等对北方寒地池塘大鳞鲃鱼的生长情况进行了研究,结果显示,夏季(5—10 月)在放养密度为 15 000 尾/ hm^2 时,室外池塘饲养的 2 龄大鳞鲃鱼体质量为 241.35 g^[20]。本试验所用 1 龄大鳞鲃鱼为自家孵化苗,因培育池鱼苗放养密度太大,生长缓慢,小于正常规格,夏季(5—10 月)在放养密度为 22 500 尾/ hm^2 时,室外池塘饲养的 2 龄大鳞鲃鱼体质量为 358.15 g,高于北方寒地池塘养殖的 2 龄大鳞鲃鱼,分析原因,可能是该地区池塘水温大部分时间处在最佳养殖温度范围,水温适合大鳞鲃鱼生长发育。有研究表明,生活在不同水层的鱼类通过混养,不仅能够充分利用空间资源和食物,又可以协同改善水体环境^[21-23],本试验通过配养少量的鲢鳙鱼,滤食浮游生物,起到一定的净水效果,对池塘增产也具有一定的作用,有关鲢鳙鱼放养密度对大鳞鲃鱼浮游生物、水质及产

量的影响有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 尼科里斯基 L B. 分门鱼类学——鲃属 *Chalcalburnus* [M]. 北京:高等教育出版社,1958:177-178.
- [2] 蒯玉华,耿龙武,王信海,等. 池塘驯养大鳞鲃某些生物学特性研究[J]. 天津师范大学学报(自然科学版),2009,29(2):72-75.
- [3] 徐伟,耿龙武,李池陶,等. 大鳞鲃的人工繁殖、胚胎发育和耐盐碱测定[J]. 水产学报,2011,35(2):255-260.
- [4] 鲁翠云,耿龙武,李超程,等. 微卫星标记分析大鳞鲃养殖的遗传结构及生长性状[J]. 水产学报,2013,37(8):1121-1128.
- [5] 蒯玉华,耿龙武,王信海,等. 池塘驯养大鳞鲃某些生物学特性研究[J]. 天津师范大学学报(自然科学版),2009,29(4):72-75.
- [6] 徐伟,耿龙武,苗建生,等. 耐盐碱鱼类大鳞鲃的研究现状[J]. 天津农学院学报,2012,19(3):62-64.
- [7] 徐伟,耿龙武,姜海峰,等. 水温和养殖密度对大鳞鲃幼鱼的生长影响[J]. 淡水渔业,2016,46(5):96-99.
- [8] 赵旭斌,王广军,郁二蒙,等. 两种深度养殖池塘水质和浮游藻类多样性分析[J]. 上海海洋大学学报,2010,19(4):535-539.
- [9] 中国国家环境保护总局. 水和废水监测分析方法[M]. 4 版. 北京:中国环境科学出版社,2006.
- [10] 胡钧鸿,魏印心. 中国淡水藻类——系统、分类及生态[M]. 北京:科学出版社,2006.
- [11] 张党民,何志辉. 内陆水域渔业资源调查手册[M]. 北京:农业出版社,1991.
- [12] 雷衍之,董双林,沈成钢. 碳酸盐碱度对鱼类毒性作用的研究[J]. 水产学报,1985,9(2):171-183.
- [13] 王武. 鱼类增养殖学[M]. 北京:中国农业出版社,2000.
- [14] 何志辉. 中国湖泊和水库营养分类[J]. 大连水产学院学报,1987(1):1-10.
- [15] 蔡庆华. 湖泊富营养综合评价方法[J]. 湖泊科学,1997,9(1):89-96.
- [16] 杨建雷,高勤峰,董双林,等. 草鱼、鲢鱼和鲤鱼混养池塘中浮游生物和悬浮颗粒物组成变化的研究[J]. 中国海洋大学学报,2011,41(10):23-29.
- [17] 姚维志,周云听,何川,等. 高产肥水鱼池浮游生物研究[J]. 西南农业大学学报,1993,15(4):373-376.
- [18] 唐金玉,王岩,戴杨鑫,等. 不同鱼类混养组合与饲喂方式对鱼蚌综合养殖水体浮游植物群落结构的影响[J]. 中国水产科学,2014,11(6):1190-1199.
- [19] 单金峰,吴春,丁辰龙,等. 不同开口饵料对大鳞鲃仔鱼生长性能和鱼体成分的影响[J]. 大连海洋大学学报,2016,31(6):630-634.
- [20] 徐伟,耿龙武,李池陶,等. 北方寒地池养大鳞鲃生长和越冬成活[J]. 淡水渔业,2012,42(1):68-71.
- [21] Milstein A. Ecological aspects of fish species interactions in polycultures ponds[J]. Hydrobiologia,1992,231(3):177-186.
- [22] Xie P. Gut contents of silver carp, *Hypophthalmichthys molitrix*, and the disruption of a centric diatom, *Cyclotella*, on passage through the esophagus and intestine[J]. Aquaculture,1999,180(3/4):295-305.
- [23] Milstein A, Kadir A, Wahab M. The effects of partially substrings Indian carps or adding silver carp on polycultures including small indigenous fish species (SIS) [J]. Aquaculture,2008,279(1):92-98.