

卤虫培育池浮游生物生态学

吕光俊¹, 赵 文^{2*}, 贾沁贤³

(1. 西南农业大学水产学院, 重庆荣昌 402460; 2. 大连水产学院生命科技学院, 大连 116023;

3. 中国地质科学研究院盐湖研究中心, 北京 100037)

摘要: 2002 年在内蒙古桑根达来淖尔进行了卤虫养殖实验, 研究了 3 个卤虫培育池的浮游生物、初级生产力、水化学因子、限制性营养盐及卤虫的生长, 并探讨了各种生态因子与浮游植物、卤虫生长的关系。结果表明: 实验期间共发现浮游生物 27 种(或属), 其中浮游植物 17 种(或属), 浮游动物 10 种(或属)。1[#]、2[#]、3[#] 池的浮游植物平均生物量分别为 2.41 mg/L、1.72 mg/L、1.31 mg/L, 蓝藻门和绿藻门占优势, 优势种为小席藻、线形粘杆藻、小颤藻、普通小球藻、椭圆小球藻; 浮游动物的平均生物量分别为 24.47 mg/L、22.04 mg/L、19.27 mg/L, 轮虫占优势, 优势种为褶皱臂尾轮虫、变异臂尾轮虫。盐度、pH、Cl⁻、Na⁺+K⁺、HCO₃⁻、CO₃²⁻、ALK、总氮、总磷呈上升趋势, 特别是 Cl⁻、Na⁺+K⁺ 实验前后相差 3000 mg/L 以上; SO₄²⁻ 呈下降趋势; TH、Ca²⁺、Mg²⁺ 无明显变化规律, 实验前后基本平衡。温度、pH、溶解氧(DO)的昼夜变化明显, 其昼夜差分别在 10℃、0.5、1 mg/L 左右。从限制性营养盐来看属于磷限制, 初级生产力极低, P/R 系数>1.5。

关键词: 卤虫; 培育池; 浮游生物; 生态学

文章编号: 1000-0933(2005)09-2243-06 **中图分类号:** Q178 **文献标识码:** A

Plankton ecology in *Artemia* culture ponds

LÜ Guang-Jun¹, ZHAO Wen^{2*}, JIA Qin-Xian³ (1. College of Fisheries, Southwestern Agricultural University, Rongchang, Chongqing 402460, China; 2. College of Life Science and Technology, Dalian Fisheries University, Dalian, 116023, China; 3. Institute of Salt Lakes, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(9): 2243~2248.

Abstract: Experiments were conducted in 2002 to investigate the relationship of plankton, primary productivity, water-chemistry factors, and restrictive nutrition of culture ponds to the growth, reproduction and survival of *Artemia*. Three uniform-sized ponds (5m×2m×0.5m depth) were supplied with brackish water mainly from Sangendalaizer lake in the Inner Mongolia Autonomous Region. Prior to the present experiment, water samples were collected for determination of water-chemistry factors and nutrient parameters. Meanwhile, 2 kilograms of chicken feces were provided to each pond. *Artemia* were introduced into the three ponds at densities of 60, 120 and 180 individuals per liter, respectively. During the experiment, 2 kilograms of chicken feces were added to each pond once every 15 days. At the beginning, 25g, 50g and 75g of wheat flour were supplied to Pond 1, 2 and 3, respectively. The amount of wheat flour supplied was respectively increased to 40, 70 and 100g in the midst, and 60, 90 and 120g in the later period of the experiment. Water temperature, salinity, transparency and pH were monitored daily, DO, ALK, TH, the eight main water ions, and the amounts of phytoplankton and zooplankton were determined every 7 days. Total phosphorus and total nitrogen contents were obtained every 6 days. The determination of restrictive nutrient factors proceeded on August 31, 2002, and September 9, 2002. The results were shown as follows: (1) During the period of the experiment, 27 species of plankton were found, including 17 species of phytoplankton, and 10 species of zooplankton. The average biomasses of Pond 1, 2 and 3 were 2.41 mg/L, 1.72 mg/L and 1.31 mg/L, respectively. The dominant phytoplanktons were Cyanophyta and Chlorophyta, consisting of *Phormidium tenus* (Menegh.) Gom, *Gloeotheca*

基金项目: 国家地质调查资助项目(DKD2101027-7)

收稿日期: 2004-10-30; **修订日期:** 2005-06-02

作者简介: 吕光俊(1972~), 男, 四川南江人, 硕士, 讲师, 主要从事养殖水域生态学研究. E-mail: gjlv66@163.com

* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: zhaowen@dlfu.edu.cn

Foundation item: Project of the China Geological Survey(No. DKD2101027-7)

Received date: 2004-10-30; **Accepted date:** 2005-06-02

Biography: LÜ Guang-Jun, Master, Lecturer, mainly engaged in aquaculture ecology. E-mail: gjlv66@163.com

linearis Nag, *Oscillatoria tenuis* Ag, *Chlorella vulgaris* Beij and *Chlorella ellipsoidea* Gren. The average biomasses of zooplankton at the three ponds were 24.47 mg/L, 22.04 mg/L and 19.27 mg/L, respectively. Rotifers, mainly *Brachionus plicatilis* and *B. variabilis*, were the dominant zooplankton. (2) Salinity, pH, Cl^- , $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, HCO_3^- , CO_3^{2-} , ALK, TN and TP increased over the time, especially for Cl^- and $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, which increased by more than 3000 mg/L, compared with the values prior to the experiment. SO_4^{2-} declined over the time. TH, Ca^{2+} , Mg^{2+} showed no significant change during the experiment. (3) Temperature, pH and DO showed significant diurnal rhythm during the experiment, whose differences between daytime and night were 10°C, 0.5 and 1 mg/L, respectively. (4) Phosphorous was the first restrictive nutritive factor. (5) Primary productivity at the three ponds was very low. The gross oxygen production of phytoplankton in each of the three ponds was 0.21 g/(m² · d), 0.24 g/(m² · d), 0.17 g/(m² · d), respectively, and net oxygen production of phytoplankton at the three ponds was 0.10 g/(m² · d), 0.16 g/(m² · d), 0.05 g/(m² · d), respectively. The oxygen consumption of water-breathing was 0.11 g/m² · d, 0.13 g/(m² · d), 0.11 g/(m² · d), respectively. The P: R ratio exceeded 1.5.

Key words: *Artemia*; culture pond; plankton; ecology

卤虫(*Artemia*)在水产动物养殖,特别是在水产动物苗种生产中是极其重要的优质鲜活饵料,卤虫不仅能提高鱼虾幼苗的成活率,而且可作为载体预防和医治鱼虾疾病^[1,2]。我国对卤虫的研究起步较晚,其研究主要集中在卤虫的繁殖、养殖、养殖方式上^[3~5]。但对卤虫养殖水体的浮游生物种类、演替变化规律、水化因子及变化特点等生态学方面的研究较少。卤虫生长的环境系统是一个复杂体系,有必要研究该体系中的各种生态因子、浮游生物及其相互关系。本实验就是对卤虫培育池的浮游生物种类、数量、演替,水体水化学,初级生产力,营养盐等方面进行了较为详细的研究,为池塘养殖卤虫的技术和卤虫培育池生态学等方面的研究积累了初步资料。

1 材料与方法

1.1 材料

实验池的长(5m),宽(2m),深(0.7m)水深0.5m,规格基本一致,分别编号为1[#]、2[#]、3[#],各池间隔1.5m,位于同一水平面。实验池的卤水主要来源于内蒙古桑根达莱淖尔(湖泊)及池底渗透。桑根达莱淖尔的水经100目的筛绢网过滤后进入池子,培育水质所用的有机肥料为发酵后的干鸡粪,饲养卤虫所用的精面粉从桑根达莱通用商场购得,为河南郑州产,实验用卤虫为桑根达莱淖尔自产。

1.2 方法

实验前首先对水体的水化因子、营养盐等指标进行测定,同时各池施鸡粪2kg作为基肥,并在1[#]、2[#]、3[#]池分别按60、120、180个/L接种卤虫成虫。实验从2002年4月开始,9月结束。

实验期间每隔15d施鸡粪1次,每次的施肥量均为2kg。每天分3次按3:5:2的比例向水中投喂精面粉,1[#]、2[#]、3[#]池在实验前期每天分别投喂25、50、75g,实验中期为40、70、100g,实验后期为60、90、120g。每天测定水温、盐度、透明度、pH等日常水质指标;每隔7d测定DO、ALK、TH、八大离子,同时对浮游生物进行定性、定量分析;每隔6d对总磷、总氮进行测定;在8月31日、9月9日进行营养盐限制因子的测定;根据天气变化情况,不定期对水温、DO、pH三项指标进行每隔2h的全天监测。

1.3 各指标的测定及分析方法

1.3.1 ALK、TH、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 、DO、总氮的测定方法按资料^[6]进行,总磷用硫酸硝解法测定,pH值用PHS-3笔式pH计测定,盐度用盐度计(Portable refractometer)测定,透明度用Secchi盘测定。

1.3.2 营养盐限制因子的测定 为了确定P或N对初级生产力的作用,用分析纯 KH_2PO_4 、 NaNO_3 分别配制0.109mmol/L和0.285mol/L的标准试剂,用125ml的白瓶12个,分别进行编号为11[#]、12[#]、13[#]、14[#],21[#]、22[#]、23[#]、24[#],31[#]、32[#]、33[#]、34[#]。在各池的同一地点采集水样装瓶,并分别在11[#]、21[#]、31[#]号瓶中各加入 NaNO_3 标准溶液1ml;在12[#]、22[#]、32[#]号瓶中各加入 KH_2PO_4 标准溶液1ml;在13[#]、23[#]、33[#]号瓶中各加入 NaNO_3 标准溶液1ml和 KH_2PO_4 标准溶液1ml;14[#]、24[#]、34[#]号瓶只装原水样进行对照。将各瓶挂入相应的水体中,24h后取出用Winker法测定溶解氧的变化量。根据 O_2 的变化确定是P或N为限制因子。

1.3.3 初级生产力的测定 初级生产力用黑白瓶测氧法测定,由于条件限制,只作了1/2水深(即25cm)处的初级生产力的变化。

1.3.4 浮游生物的测定 浮游生物的定性、定量分析参照资料^[7]进行测定。

1.3.5 数据处理 实验结果的各项数据为相应池实测值的算术平均值(除非有特殊说明)。

2 结果

2.1 实验前实验用水的水质及浮游生物状况

实验用水的水质状况见表 1。浮游植物只有蓝藻门、硅藻门、绿藻门中能在高盐环境中生长的广盐性种类的小席藻 (*Phormidium tenus* (Menegh.) Gom.)、线形粘杆藻 (*Gloeotheca linearis* Næg)、点状粘球藻 (*Gloeocapsa punctata* Næg)、小色球藻 (*Chroococcus minor* (Kütz.) Næg)、束色球藻 (*Chroococcus tenax* (Kirch.) Hier)、小颤藻 (*Oscillatoria tenuis* Ag.)、微小平裂藻 (*Merismopedia tenuis*)、绿球藻 (*Chlorococcum Fries*)、普通小球藻 (*Chlorella vulgaris* Beij.)、椭圆小球藻 (*Chlorella ellipsoidea* Gren.)、链枝藻 (*Ctennoclaus circinnatus* Borzi)。浮游动物包括褶皱臂尾轮虫 (*Brachionus plicatilis* O. F. Müller)、变异臂尾轮虫 (*Brachionus variabilis* Hempel)、角突臂尾轮虫 (*Brachionus angularis* Gosse)、矩形龟甲轮虫 (*Keratella quadrata* Müller)、新月北镖水蚤 (*Arctodiaptomus stewartianus* (Brehm))、咸水北镖水蚤 (*Arctodiaptomus salinus* Daday)、锯缘真剑水蚤 (*Eucyclops serrulatus* Fischer)、膜袋虫 (*Cyclidium* sp.)、表壳虫 (*Arcella vulgaris* Ehrc)、四膜虫 (*Tetrahymena* sp.)、裸口虫 (*Holophrya* sp.)。

2.2 实验期间各项水质的变化

实验期间卤虫培育池水化学的变化范围见表 2。

表 1 实验用水的水质状况

Table 1 The quantity of warter used during experiments			
指标 Index	1#池 Pond 1	2#池 Pond 2	3#池 Pond 3
ALK(mmol/L)	51.6	46.5	68.7
HCO ₃ ⁻ (mmol/L)	30.4	28.0	39.8
CO ₃ ²⁻ (mmol/L)	21.1	18.5	28.9
TH(mg/L)	3.33	2.87	5.65
Mg ²⁺ (mg/L)	2.15	1.10	3.0
Ca ²⁺ (mg/L)	1.18	2.77	2.65
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	612.7	265.3	663.7
Cl ⁻ (mg/L)	8378.4	7528.0	8660.2
Na ⁺ +K ⁺ (mg/L)	7238.3	6367.5	7914.9
Σ _P (mg/L)	0.103	0.124	0.106
Σ _N (g/L)	10.7	9.55	9.75
DO(mg/L)	2.50	2.88	2.38
初级生产力(g/(m ² ·d)) Primary production	0.062	0.159	0.014

表 2 卤虫培育池水化学的变化范围

Table 2 The variation range of hydrochemistry in Artemia culture ponds

指标 Index	1#池 Pond 1	2#池 Pond 2	3#池 Pond 3
ALK(mmol/L)	40.2~57.0	32.3~53.4	63.3~76.8
HCO ₃ ⁻ (mmol/L)	22.8~33.7	21.7~31.6	37.4~45.4
CO ₃ ²⁻ (mmol/L)	17.4~23.4	16.6~21.8	25.9~31.4
TH(mg/L)	2.90~3.47	2.77~2.85	5.23~5.70
Ca ²⁺ (mg/L)	1.17~2.08	1.16~2.19	2.44~2.69
Mg ²⁺ (mg/L)	1.25~2.04	1.55~1.69	2.73~3.26
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	454.6~615.3	180.2~315.0	502.5~724.2
Cl ⁻ (mg/L)	7835.6~11218.8	7635.6~10398.2	8800.6~12814.6
Na ⁺ +K ⁺ (mg/L)	6936.8~9582.3	6646.8~8419.5	8084.3~10772.1
Σ _P (mg/L)	0.145~0.223	0.158~0.200	0.127~0.198
Σ _N (g/L)	11.79~17.69	11.79~17.08	12.60~17.89
DO (mgO ₂ /L)	2.40~2.80	2.85~3.01	2.34~2.90
Na ⁺ +K ⁺ /Ca ²⁺ +Mg ²⁺	42.5~65.7	51.6~66.1	30.9~43.6
Mg ²⁺ /Ca ²⁺	0.60~1.74	1.20~1.44	1.09~1.34
pH	9.0~10.1	9.4~9.9	9.6~10.1
盐度 Salinity	21.4~28.5	19.5~24.0	22.9~29.4

2.3 营养盐限制因子

通过 8 月 31 日~9 月 1 日,9 月 10 日~9 月 11 日对 3 个实验池进行了营养盐限制因子的测定,发现加 KH₂PO₄ 的水样 DO 明显偏高,加 NaNO₃ 的水样与对照无明显差异,而加 KH₂PO₄ 又加 NaNO₃ 的水样与单纯加 KH₂PO₄ 基本一致。从而证明该水属于磷限制,施肥后磷的变化速度呈直线上升。同时在 8 月 23 日,9 月 16 日也对与实验池相隔 10m 之远的盐湖进行了营养盐限制因子的测定,结果与实验池基本一样。

2.4 初级生产力

由于水的透明度低,1/2 水深处的产氧量低于水柱毛产氧量,所得数值只是一个相对值,总的来说,初级生产力较低。浮游植物毛产氧量极值:1#池为 0.114、0.383g/(m²·d),2#池为 0.16、0.55g/(m²·d),3#池为 0.078、0.223 g/(m²·d);游游植物的净产量的极值:1#池为 0.1、0.306g/(m²·d),2#池为 0.128、0.44g/(m²·d),3#池为 0.062g、0.178g/(m²·d);浮游植物群落净产量极值:1#池为 0.045、0.148g/(m²·d),2#池为 0.085、0.295g/(m²·d),3#池为 0.019、0.135g/(m²·d)。

2.5 浮游生物

2.5.1 浮游植物 实验期间总计鉴定出浮游植物 17 个属。其中蓝藻门 8 个属, 占总数的 47.06%, 包括小席藻、线形粘杆藻、点状粘球藻、小色球藻、束色球藻、小颤藻、大螺旋藻 (*Spirulina maior* Kütz.)、微小平裂藻、管胞藻目 (*Chamaesiphonales*)。硅藻门 3 个属, 占总数的 17.64%, 包括小环藻 (*Cyclotella* Kütz.)、隐头舟形藻 (*Navicula cryptocephala* Kütz.)、嗜盐舟形藻 (*Navicula halophila* (Grun.) Cl.)、菱形藻 (*Nitzschia* Hass.)。裸藻门 1 个属占总数的 5.88%, 包括绿裸藻 (*Euglena viridis* Her.)。绿藻门 5 个属, 占总数的 29.41%, 包括衣藻 (*Chlamydomonas* Her.)、绿球藻、普通小球藻、椭圆小球藻、链枝藻、盐生杜氏藻 (*Dunaliella salina* Teodor)。

浮游植物定量表明, 蓝藻门和绿藻门占优势, 常见的优势种或优势种属有 6 个。它们分别是蓝藻门的小席藻、线形粘杆藻、小颤藻; 绿藻门的普通小球藻、椭圆小球藻、链枝藻。

在以上所见的 17 个种(或属)浮游植物中, 1[#]池 15 个属(蓝藻门 7 个, 硅藻门 3 个, 绿藻门 5 个); 2[#]池 14 个(蓝藻门 5 个, 硅藻门 3 个, 绿藻门 5 个, 裸藻门 1 个); 3[#]池 14 个(蓝藻门 6 个, 硅藻门 3 个, 绿藻门 5 个)。

从浮游植物的数量来看 1[#]池最高密度达到了 1743.0 万个/L, 平均密度为 1458.7 万个/L, 比实验前净增加了 992.7 万个/L; 2[#]池最高密度达到了 1592.5 万个/L, 平均密度为 1429.9 万个/L, 比实验前净增加了 904.1 万个/L; 3[#]池最高密度达到了 1433.3 万个/L, 平均密度为 1291.9 万个/L, 比实验前净增加了 729.9 万个/L。1[#]池在 9 月 15 日, 2[#]、3[#]池实验池均在 9 月 3 日浮游植物的数量达到了最高密度。各实验池平均密度绿藻门最高, 蓝藻门次之, 硅藻门和裸藻门较低。

从生物量来看 1[#]池在实验期间的均值为 2.41 mg/L, 其中蓝藻门达到了 1.10 mg/L, 占 45.6%, 绿藻门为 0.99 mg/L, 占 41.1%, 硅藻门为 0.32 mg/L, 占 13.3%; 2[#]池在实验期间的均值为 1.72 mg/L, 绿藻门最高达到了 0.647 mg/L, 占 37.6%, 其次是蓝藻门为 0.571 mg/L, 占 37.3%, 硅藻门为 0.368 mg/L, 占 21.4%, 裸藻门为 0.13 mg/L, 占 7.67%; 3[#]池在实验期间均值为 1.299 mg/L, 绿藻门最高达到了 0.604 mg/L, 占 46.5%, 其次是蓝藻门为 0.371 mg/L, 占 28.6%, 硅藻门为 0.339 mg/L, 占 26.1%。各实验池浮游植物量净增值 1[#]池为 1.724 mg/L, 2[#]池为 1.311 mg/L, 3[#]池为 0.822 mg/L。

2.5.2 浮游动物 实验期间观察到的浮游动物有 10 个属, 其中轮虫 2 个属, 占 20%, 包括褶皱臂尾轮虫、变异臂尾轮虫、角突臂尾轮虫、矩形龟甲轮虫。桡足类 2 个属, 占 20%, 包括新月北镖水蚤、咸水北镖水蚤、锯缘真剑水蚤。原生动物 6 个属, 占 60%, 包括膜袋虫、表壳虫、四膜虫、裸口虫、纤毛虫 (*Ciliophora*)、旋回侠盗虫 (*Strobilidium gyrans* Stoke)。

根据对 3 个实验池的浮游动物进行了 27 次采样观测结果, 常见的优势种(或属)是臂尾轮虫属中的褶皱臂尾轮虫、变异臂尾轮虫、角突臂尾轮虫。在 10 个种(或属)浮游动物中, 1[#]池有 8 个属(轮虫 2 个属, 桡足类 2 个, 原生动物 4 个属), 2[#]池有 8 个属(轮虫 2 个属, 桡足类 2 个, 原生动物 4 个属), 3[#]池有浮游动物中所有 10 个属。

浮游动物的平均密度 1[#]池为 5088 个/L, 其中轮虫最多为 4255 个/L, 占 83.6%, 桡足类为 289 个/L, 占 5.68%, 原生动物为 544 个/L, 占 10.7%; 2[#]池为 5386 个/L, 其中轮虫最多为 4728 个/L, 占 87.8%, 桡足类为 229 个/L, 占 4.25%, 原生动物为 428 个/L, 占 7.94%; 3[#]池为 4600 个/L, 其中轮虫最多为 3858 个/L, 占 83.7%, 桡足类为 198 个/L, 占 4.30%, 原生动物为 544 个/L, 占 11.8%。最高密度 1[#]、2[#]、3[#]池分别达到了 6780、6670、5980 个/L, 其中轮虫最高密度分别为 5740、5980、4880 个/L。

从生物量来看, 浮游动物的生物量远远高于浮游植物, 在浮游动物的生物量中 1[#]池最高为 24.47 mg/L, 其次是 2[#]池为 22.01 mg/L, 3[#]池为 19.27 mg/L。

3 分析与讨论

3.1 非生物环境特点和形成

本次实验, 由于取样频率较高, 检测合理, 各实验池理化因子的分布和变化规律已基本显现。其特点是: ①盐度和氯化物含量高, 并有逐渐升高的趋势。盐度的变幅为 18~29.3, Cl^- 变幅为 251.1~316.0。与实验前基本水质相比较, 1[#]、2[#]、3[#]池的盐度分别增加了 26.3%、25%、24.9%, 相应地 Cl^- 增加了 29.3%、24.4%、32.4%, 这主要是由于盐湖的湖水从池底渗透所致。②碱度、pH 和离子系数高, 也有上升的趋势。碱度的变化范围为 32.3~76.8, pH 为 9.4~10.1。1[#]、2[#]、3[#]池的 $\text{M/D} [\text{Na}^+ + \text{K}^+]/(\text{Mg}^{2+} + \text{Ca}^{2+})$ 的变化范围分别为 43.5~65.7、49.6~66.1、29.9~43.5。但 $\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$ 的变化范围分别为 0.6~1.74、1.20~1.44、1.09~1.34。从离子的组成来看, 在阴离子中 Cl^- 含量高, SO_4^{2-} 含量低, 在阳离子的组成中 $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ 含量高, Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 含量低, 这种结果与水体的盐度、硬度等水化因子的变化规律基本一致。按照阿列金分类法属氯化物类 Na 组 I 型 (Cl^Na) 水, 按照 Harmer 分类, 属 NaCO_3Cl 型水。③总氮高、总磷低, TN/TP 值高, 达到 100~200, 几乎是所有报道的最高值。实验过程中各池的总磷、总氮都呈直线上升的趋势, 增加明显。1[#]、2[#]、3[#]池总磷分别增加了 53.8%、38%、46.5%; 总氮分别增加了 43.1%、44.1%、45.5%。虽然水体中磷增加较快, 但由于基数低, 仍然缺乏, 在 8 月 31 日、9 月 10 日作水体的限制性营养盐时, 也证明了这一点。该水体虽然属于高盐水体, 但在限制性营养盐上恰好与海洋中氮是第 1 限制因子, 磷是第 2 限制因子相反, 与淡水的情况正好相同。本研究为此类池塘施肥实践提供了理论依据, 更合理有效地利用肥料。从总磷的数量上来看, 较轮虫池(活性磷平

均为 0.256mg/L)低,较淡水鱼池(活性磷平均为 0.028mg/L)高^[8]。总氮、总磷等营养盐呈逐日升高的有序变化是多种因素作用的结果,主要是受人造的施肥、投饵的影响。④溶解氧低,1[#]池的溶解氧(DO)变化范围为 2.4~2.84,2[#]池为 2.85~3.01,3[#]池为 2.4~2.88,各池溶解氧(DO)均比实验前有明显的增长。这种变化是由浮游植物的变化引起的。溶解氧的变化规律明显,这与大部分养鱼池基本一致^[9]。同一天中溶解氧的最高值为 3.122mgO₂/L(2[#]池),最低值为 1.581mgO₂/L(3[#]池),1[#]池的变化范围为 2.789~1.652,2[#]池为 3.122~1.70,3[#]池为 2.8~1.581。溶解氧含量在 2mgO₂/L 以上的时间,1d 可达 16h 左右。溶解氧的变化出现这一现象除与浮游生物、底栖生物有关外,与卤虫的密度也有相当大的关系。⑤水温昼夜差大,各池温差均在 12~13℃之间,这主要是由内蒙古独特的气候造成的。透明度低,变化范围为 12~29cm,主要是由于人工投喂面粉的原故。

3.2 浮游生物群落结构的特点

与普通养鱼池、轮虫培育池相比较,卤虫培育池浮游生物的特点是:①种类少,优势种突出。实验期间在 3 个实验池共发现浮游植物 17 个种(或属),但在同一水体有时镜检出的种类只有几种,与我国南北方高产鱼池的浮游植物 60~100 属^[10,11]相差甚大,与三北地区发现的 8 门 100 属 132 种和变种(未定到种的也按种计算)^[12]相差更大,与晋南一些盐水水域的浮游植物 42 种(或属)^[13]也有较大的差距。浮游动物只有 10 个属,13 个种,也远低于淡水和其他盐水水域。盐生杜氏藻、褶皱臂尾轮虫、咸水北镖水蚤等优势种在生物量中占极大的比重,这一特点首先取决于恶劣的非生物环境条件,高盐、高碱、高 M/D、低 DO 都是多数生物难以适应的,反之适应于这种条件的盐碱种,因不受种间竞争限制,一种群就迅速增长并占优势。②浮游植物生物量低。3 个实验池的浮游植物生物量中 1[#]池的生物量为 2.1mg/L,2[#]池为 1.72 mg/L,3[#]池为 1.31 mg/L。总体上来说各池生物量极小,只有中国北方内陆盐水水体浮游植物生物量在 0.45~9.69 mg/L 之间的中下水平^[14];仅为广东、无锡、哈尔滨、吉林等地部分肥水鱼池的浮游植物平均量 56.8 mg/L^[15]的 1/30;也只有我国北方地区的轮虫池的平均生物量 89.6 mg/L^[16]的 1/45。产生此差别与池塘的施肥投饵有关外,与浮游动物的发生过程及其量的变化关系密切(各池浮游动物生物量高达 20 mg/L),在整个实验期间,轮虫出现了 2 次繁殖高峰,要滤食掉大量的浮游植物。同时从池底萌发或破壳而出的桡足类幼体或成体也要摄食部分浮游植物,高密度的卤虫除摄食人工饲料外,也要消耗掉大量的浮游植物。另外,营养盐限制因子的缺乏,N/P 值过大也是浮游植物生物量低的重要原因。在发现的浮游植物种类中小型藻类(如小球藻)占优势,象衣藻、绿裸藻等大型藻较少。③浮游动物生物量与浮游植物生物量之比极高。各池浮游植物生物量虽低,但以面粉为食,浮游动物生物量达到了 20mg/L 以上,其中轮虫达到了 6.95~8.49mg/L,与资料^[10]报道的无锡市河埭口高产鱼池中轮虫的平均生物量为 7.2~11.8 mg/L 较接近。淡水池中浮游动物生物量与浮游植物生物量之比一般小于 1,内陆盐水有时大于 1,而 1[#]、2[#]、3[#]池分别达到了 10.2、12.8、14.8。④浮游植物的多样性指数变化幅度小。1[#]池的变化在 2.57~2.71 之间,平均 2.66;2[#]池的变化范围在 2.48~2.80 之间,平均 2.69;3[#]池的变化范围在 2.57~2.65 之间,平均 2.62。说明实验期间各池物种数较少,数量变化较大,通过显著性检验,3 个实验池之间不存在差异性。浮游动物的多样性指数比浮游植物小,各实验池的变化范围更大,1[#]池的变化范围在 2.15~2.68 之间,平均 2.32;2[#]池的变化范围在 2.22~2.67 之间,平均 2.39;3[#]池的变化范围在 1.12~2.23 之间,平均 1.43。但通过显著性检验,3 个实验池之间也不存在差异性。

实验期间卤虫培育池内总共发现 27 种(或属)浮游生物,不管是浮游动物,还是浮游植物,除少数特有的高盐种外,大多数都是淡水耐高盐种类。其中淡水种占总种数的 63%,盐水种占总种数的 37%,在种类的组成上无论是浮游植物还是浮游动物均以淡水种为主。从生物量来看,浮游植物中淡水种的生物量占总生物量的 90%以上,盐水种的生物量占总生物量的 10%以下,在浮游动物中刚好相反,有关这方面的资料早有作者报道^[13]。这说明盐度高而多变通常是限制生物种类多样性的主要因素,资料^[12]指出了内陆盐水水域除盐度、碱度和 pH 外,主要离子间的不平衡,以及某些离子的毒性都能限制水生生物的人栖和生存。

总之,实验池中的浮游生物是随时间的推移,种类增加,数量大大提高,之后趋于平衡,到了实验后期,略有降低的趋势,这一方面是由于盐湖水的渗透,施肥、投饵的作用,另一方面由于空气中的一些休眠孢子的活细胞飘落到池子中,在适宜的条件下,进行萌发、繁衍的原故。

References:

- [1] Sorgeloos P, et al. The use of brine shrimp *Artemia* in crustacean hatcheries and nurseries. In: J. P. Mcrey, J. R. Moor eds. *CRC Handbook of Mariculture*. CRC Press Florida, USA, 1983. 60~76.
- [2] Watunabe T, et al. Nutrition values of liveorganisms used in Japan for mass propagation of fish. *Aquaculture*, 1983, 34(1-2):115~143.
- [3] Huang X X, Chen M K, Wei W Z. The effect of some plant pulps for cultivating *Artemia*. *J. Fish. China*, 2000, 24(6):254~258.
- [4] Zhao Z X, Gao Y R, Ren S Z. Culturing of brine shrimp(*Artemia parthenogenetica*) in salt ponds of saltwork. *J. Fish. China*, 1995, 19(2):127~132.
- [5] Liao C Y, Wang L J. Studies of the reproductive mechanism of brine shrimp 1. Variations of chromosomes in ovogenesis course. *J*

Ocean Univ. Qingdao, 1993, 28(4):45~52.

- [6] Chen J R. *Instructions for experiments of hydrochemistry*. Beijing: Chinese Agricultural Press, 2000. 93~173.
- [7] Zhang J M, He Z H. *Manual of investigation for fisheries resources in inland waters*. Beijing: Chinese Agricultural Press, 1991. 6~99.
- [8] Lei Y Z, Yu S M, Xu J. Studies on the water quality of the high-yield fishponds in He Lie Commune, WuXi City I. Chemistry of fishpond water and primary productivity. *J. Fish China*, 1983, 7(3):185~199.
- [9] Zhang Z Y, Tan Y J, Ou Y H. *Fish-culture Sciences in ponds in China*. Beijing: Science and Technology Press, 1989. 47~53.
- [10] He Z H, Li Y H. Studies on the water quality of the high-yield fishponds in He Lie Commune, Wu Xi City I. plankton. *J. Fish China*, 1983, 7(4):287~300.
- [11] Goldman C R. *Primary productivity in aquatic environment*. California: California University Press, 1969. 1~464.
- [12] He Z H, Xie Z H, Lei Y Z. Studies on the hydrochemistry and hydrobiology of Dali Lake. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 1981, 7(3):341~358.
- [13] He Z H, Qin K J, Wang Y, et al. Biological resources in inland Saline waters from southern shanxi, China I. Lake Xiao Chi. *J. Dalian Fish Univ.*, 1993, 8(4):1~15.
- [14] Zhao W. A study on the phytoplankton from inland saline waters in northern China. *J. Dalian Fish Univ.*, 1992, 7(2,3):49~64.
- [15] Li Y H, Qiu R B, Ge J E, et al. Studies on the under-ice plankton of the overwintering fishponds. *Acta Hydrobiol. Sin.*, 1985, 9(2):117~128.
- [16] Li Y H, Jin S T. The reproductions of rotifers in ponds under low temperature. *J. Fish Sci. China*, 1997, 4(5):6~11.

参考文献:

- [3] 黄旭雄, 陈马康, 魏文志. 几种植物浆养殖卤虫的效果. *水产学报*, 2000, 24(3):254~258.
- [4] 赵忠宪, 高玉荣, 任淑智. 利用盐田卤水池大面积养殖卤虫的实验研究. *水产学报*, 1995, 19(2):127~132.
- [5] 廖承义, 王立俊. 卤虫繁殖机制的研究 I. 卵子发育过程中染色体的变化. *青岛海洋大学学报*, 1993, 28(4):45~52.
- [6] 陈佳荣. *水化学实验指导书*. 北京:中国农业出版社, 2000. 93~173.
- [7] 张觉民, 何志辉. *内陆水域渔业自然资源调查手册*. 北京:中国农业出版社, 1991. 6~99.
- [8] 雷衍之, 于淑敏, 徐捷. 无锡河埭口高产鱼池水质研究 I. 水化学和初级生产力. *水产学报*, 1983, 7(3):185~199.
- [9] 张宗扬, 谭玉均, 欧阳海. *中国池塘养鱼学*. 北京:科学技术出版社, 1989. 47~53.
- [10] 何志辉, 李永函. 无锡河埭口高产鱼池水质研究 I. 浮游生物. *水产学报*, 1983, 7(4):287~300.
- [12] 何志辉, 谢祚浑, 雷衍之. 达里湖水化学和水生生物学研究. *水生生物学集刊*, 1981, 7(3):341~358.
- [13] 何志辉, 秦克静, 王岩, 等. 晋南盐水水域生物资源调查 I. 硝池. *大连水产学院学报*, 1993, 8(4):1~15.
- [14] 赵文. 中国北方内陆盐水的浮游植物. *大连水产学院学报*, 1992, 7(2,3):49~64.
- [15] 李永函, 邱日彬, 郭继娥. 冰下浮游生物的研究. *水生生物学报*, 1985, 9(2):117~128.
- [16] 李永函, 金送笛. 低温条件下轮虫的敞池增殖. *中国水产科学*, 1997, 4(5):6~11.