

施肥对多盐水池塘浮游植物演替的影响

王海雷¹, 赵文¹, 李晓东², 刘胥², 何志辉¹

(1. 大连水产学院 辽宁省省级高校水生生物学重点实验室, 辽宁 大连 116023; 2. 盘锦光合水产有限公司, 辽宁 盘锦 124010)

摘要:选择辽宁盘锦光合水产有限公司养殖基地为试验场所,于2002年春季4~5月进行试验。选择5个具有代表性的土池作为试验池,同时另选一土池作为对照池。研究相同N/P比值下不同施肥量对室外土池多盐水体的水化学和浮游植物群落、叶绿素a含量和初级生产力的影响,以及浮游动物对浮游植物的下行效应。共检出浮游生物42种。其中,浮游植物33种,浮游动物9种。浮游植物生物量高达 $288.2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,优势种为蛋白核小球藻(*Chlorella pyrenoidosa*)。叶绿素a含量为 $5.89 \sim 325.44 \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 。各池在第2次施肥后5~6天,叶绿素a含量达到高值,之后开始下降,8~9 d后恢复到原来水平。初级生产力均值为 $4.40 \text{ g}(\text{O}_2) \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$,呈低—高—低的变化,极值为 $1.25 \text{ g}(\text{O}_2) \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ 和 $10.92 \text{ g}(\text{O}_2) \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ 。以施N $2.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、P $0.3 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的4[#]池高峰期维持最长,施肥量的不同对浮游植物的生物量、种类数和种类组成影响较大。在北方地区的多盐水池塘,施氮磷混合肥能有效促进小球藻等藻类增长,达到定向培育的目的。

关键词:浮游植物群落演替;施肥;多盐水池塘

中图分类号:S959 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-8737-(2005)05-0608-06

沿海河口多盐水是河流和海洋相互作用的复杂区域,盐度在18~30。浮游植物是河口生态系统的主要初级生产者,也是河口生态系统中食物链的重要环节。因此,对河口浮游植物生态学的研究具有十分重要的理论和实践意义。国内外在河口湾浮游植物种类组成^[1-2]、时空分布^[4-6]和多盐水体理化因子对浮游植物初级生产的影响^[7-9]等方面做过一些研究。至于施肥对浮游植物的影响,多以淡水 and 海水养鱼池塘为对象^[1-5],而关于多盐水中施肥对浮游植物群落演替的研究较少,特别是多盐水池塘方面的报道尚未见。

河蟹的室外土池育苗技术已日臻成熟。但随着产量越来越高,饵料渐显不足,投喂人工饵料既增加了成本,又不利于水质管理。生产上常采用室外土池培养单胞藻作为饵料和培养轮虫的饵料,但技术尚不成熟,有时会影响育苗生产。本试验通过施入不同种肥料量,研究N、P等营养盐对浮游植物群落演替的影响,探讨在多盐水池塘中浮游植物种群增长的影响因素,以期为河蟹等育苗生产中的饵料培养提供依据,同时也为多盐水体浮游植物的生态学研究积累科学资料。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于2002年4~5月在辽宁盘锦光合水产有限公司的荣兴基地进行。该地区春季气温较低,风多雨少。选取5个具有代表性的土池作为试验池(1[#]~5[#]),一个土池作为对照池(101[#]),离辽河和渤海交汇处仅3~4 km,水源即为辽河水 and 渤海水混合的涨潮水。池塘进水时用180目筛绢网(网眼80 μm)过滤,用 $20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的漂白粉清塘。各试验池的基本情况见表1。通过施入N、P比例相同但浓度不同的无机化肥(碳酸氢铵和过磷酸钙),各池施肥的氮/磷比分别为:0:0.3(1[#])、2.0:0(2[#])、1.5:0.2(3[#])、2.0:0.3(4[#])、3.0:0.4(5[#])及对照池(不施肥),各试验池分别于5月2日、9日、16日各施1次,观察不同浓度的营养盐对浮游植物群落演替的影响。

1.2 测定方法

于每天上午8:00~9:00采样,水样当天测定^[10-12]。采浮游生物样时每个池塘设3个采样点:上风口、中间、下风口,各点离岸1 m,采表、中、底层的水样混合,用常规细胞计数法定性并定量,测定叶绿素a、初级生产力^[12]。

收稿日期:2004-07-09; 修订日期:2004-11-28。

基金项目:辽宁省自然科学基金项目(002119);辽宁省博士启动基金项目(001052)。

作者简介:王海雷(1979-),男,现为中国地质科学院矿产资源研究所盐湖中心博士研究生。

通讯作者:赵文。E-mail: zhao wen@dlfu.edu.cn

表1 试验池水质基本情况

Tab.1 Basic water quality situations of experimental ponds

项目 Item	池塘 Ponds					
	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]	101 [#] (Con.)
水深/m Water depth	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7
面积/hm ² Area	0.14	0.14	0.27	0.27	0.3	0.27
水温/℃ Water temperature	6.6	6.5	6.6	6.6	6.6	6.6
pH	8.24	8.57	8.25	8.14	8.36	8.38
盐度 Salinity	20.1	20.6	20.5	20.9	20.8	20.5
透明度/cm Transparency	43	46	41	45	47	49
DO/(mg·L ⁻¹)	7.19	7.41	7.38	7.24	7.18	7.06
COD/(mg·L ⁻¹)	2.91	4.51	5.14	9.12	6.25	2.91
碱度/(mmol·L ⁻¹) Alkalinity	4.19	3.99	3.78	3.84	3.59	3.96
硬度/(mg/L) Hardness	171.36	195.84	210.35	223.45	223.45	165.24
NO ₂ ⁻ -N/(mg·L ⁻¹)	0.02	0.032	0.042	0.058	0.036	0.024
NO ₃ ⁻ -N/(mg·L ⁻¹)	0.036	0.054	0.047	0.032	0.062	0.036
NH ₄ ⁺ -N/(mg·L ⁻¹)	0.201	0.198	0.236	0.209	0.227	0.198
IP/(mg·L ⁻¹)	0.097	0.108	0.104	0.116	0.103	0.102
IN/(mg·L ⁻¹)	0.257	0.284	0.325	0.299	0.325	0.258
TP/(mg·L ⁻¹)	0.147	0.158	0.136	0.142	0.152	0.129
TN/(mg·L ⁻¹)	0.603	0.598	0.619	0.714	0.658	0.603
浮游植物生物量/(mg·L ⁻¹) Biomass of phytoplankton	6.87	9.66	7.74	6.90	9.39	5.98
浮游动物生物量/(mg·L ⁻¹) Biomass of zooplankton	2.20	3.65	2.79	3.16	3.79	4.21
Chl a/(μg·L ⁻¹)	9.26	11.58	8.16	8.77	7.88	17.43

注:池塘1[#]~5[#]施肥氮/磷比值分别为0:0.3,2.0:0.1,5:0.2,2.0:0.3,3.0:0.4;对照池(101[#])不施肥。

Note: Ponds 1[#]~5[#] were fertilized at N/P ratio of 0:0.3, 2.0:0.1, 5:0.2, 2.0:0.3 and 3.0:0.4. Control(101[#]) was not fertilized.

2 结果与分析

2.1 水质变化

水温变化较大,范围为6.5~21.5℃。盐度变化较缓慢,只是在后期由于水分的蒸发浓缩而略有升高,变化范围20.1~24.1。COD池间变动较大,施肥后期明显增加。透明度基本随着浮游植物生物量的升高而降低,施肥前,在51~57cm之间;中期浮游植物达到高峰时,透明度降到16~29cm;后期由于浮游植物的消落,透明度又突然升高。而对照池整个试验过程变化均不大。由图1可见,清塘后pH值迅速升高,3d后降到9.01~9.31。之后,随着浮游植物的大量发生,pH值又缓慢上升,到后期施混合肥和单施氮肥的几个池达9.8以上。施混合肥的3[#]~5[#]池溶氧水平较高,单施氮肥的稍低,而单施磷肥的和未施肥的对照池始终处于较低水平。总碱度和总硬度各池基本在较小的范围内变动,总碱度为3.17~4.19 mmol·L⁻¹,总硬度为134.6~

330.5 mmol·L⁻¹。在清塘后略有下降,施肥后又逐渐缓慢上升,幅度不大,较稳定。营养盐类中变化较大的是NH₄⁺-N、PO₄³⁻-P,而NO₂⁻-N、NO₃⁻-N等变化较小,总磷和总氮含量也不低,且变化较小。各池NH₄⁺-N和PO₄³⁻-P的变化见图2和图3。

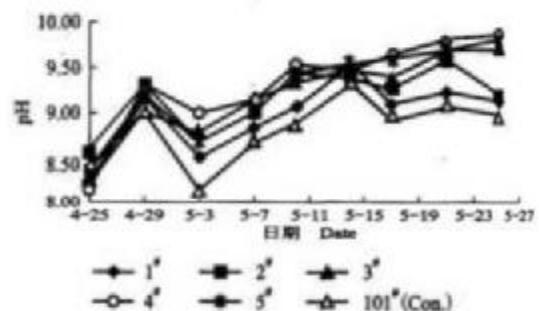
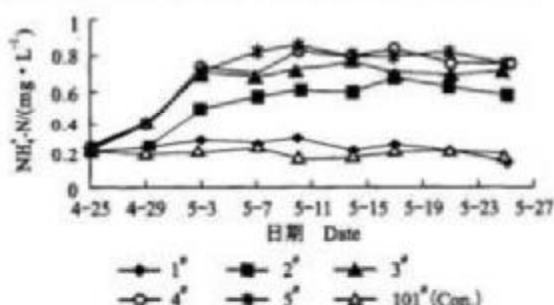
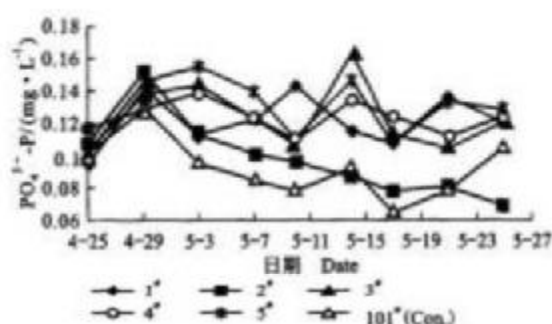


图1 不同施肥处理池塘 pH 随时间的变化

Fig.1 Variation of pH in different fertilization ponds

图2 不同施肥池塘 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 水平随时间的变化Fig.2 Variation of $\text{NH}_4^+\text{-N}$ levels in different fertilization ponds图3 不同施肥池塘 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 水平随时间的变化Fig.3 Variation of $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ levels in different fertilization ponds

2.2 浮游植物

2.2.1 种类组成 共检出浮游植物 33 个种(未鉴定到种的归为 1 个种),其中绿藻门 9 种,占 27%;硅藻门 9 种,占 27%;裸藻门 3 种,占 9%;蓝藻门 4 种,占 12%;隐藻门 3 种,占 9%;甲藻门 3 种,占 9%;金藻门 2 种,占 6%。主要种为蛋白核小球藻(*Chlorella pyrenoidesa*)、椭圆小球藻(*Chlorella ellipsoidea*)、条纹小环藻(*Cyclotella triata*)、湛江等鞭金藻(*Isochrysis zhanjiangensis*)和 *Navicula* sp.。

前期蛋白核小球藻、椭圆小球藻、长菱形藻(*Nitzschia longissima*)、条纹小环藻占优势。至中后期,优势种变为蛋白核小球藻,无论在生物量还是在数量上均占绝对优势,硅藻数量下降,种类数也有所减少,银灰平裂藻(*Merismopedia glauca*)、光甲藻(*Glenodinium gymnodinium*)、绿裸藻(*Euglena viridis*)、囊裸藻(*Trachelomonas* sp.)试验后期开始出现,裸藻门在生物量上占有较大优势。

各池浮游植物种类数都表现出波动式变化,初期因海水和河水混合后一些海水种如中肋骨条藻、牟氏角毛藻和托根管藻首先消失,种数较少(7~16种),施肥后氮磷等营养盐极大地促进了浮游植物的发生,并且随着大气和土壤中孢子、孢囊和活细胞的进入,种类数渐增,最高达到 22 种,以后由于浮游植物种间竞争的加剧,浮游植物种类数降到最低值(3~13 种)。与此同时,蛋白核小球藻的优势度增强。

2.2.2 浮游植物生物量 由图4可见,试验期间浮游植物生物量高达 $288.2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。对照池和单施磷肥池都不超过 $40 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。几个池塘的生物量在初期都不高,施肥后几天到十几天达到高峰,指数增长期一般只有 4~6 d,高峰期维持了 1~2 周后有 4 个池塘的生物量都在较短的时间内降至最低,只有 4# 池塘的生物量始终维持在较高的水平。各池生物量均值分别为:1#, $18.10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$; 2#, $56.54 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$; 3#, $106.62 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$; 4#, $152.44 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$; 5#, $129.36 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$; 101#, $15.89 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。试验中密度优势种为蛋白核小球藻,它的密度变化见图 5。

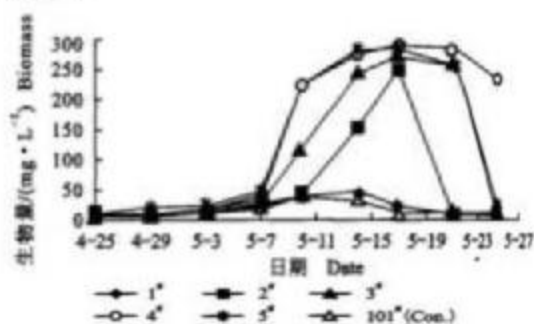


图4 不同施肥池塘总生物量随时间的变化

Fig.4 Variation of total biomass in different fertilization ponds

2.2.3 叶绿素 a 含量 由图 6 可见,试验期间叶绿素 a 质量浓度变动于 $5.89 \sim 325.44 \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$,且有从初期到中期逐渐升高的趋势,而到了试验后期又缓慢地下降。单施磷肥和未施肥的对照池不及其他池的一半,叶绿素 a 占浮游植物生物量的比值比较低,在 0.10%~0.27% 之间,与氯化物水型盐碱池塘相近^[15]。

2.2.4 初级生产力 由表 2 可见,初级生产力峰值出现在 5 月 14 日,对照池和单施磷肥池峰值和均值均远低于其他池(表 2)。总平均值为 $4.40 \text{ mg}(\text{O}_2) \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ 。

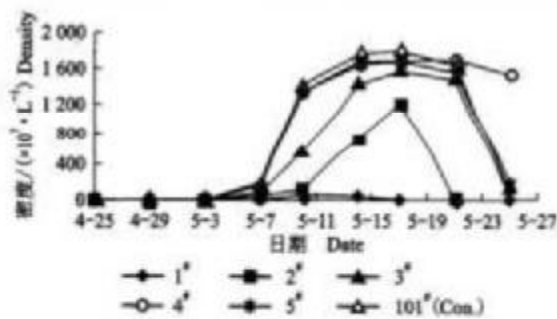


图5 不同施肥浓度池塘优势种密度随时间的变化

Fig.5 Variation of dominant species density in different fertilization ponds

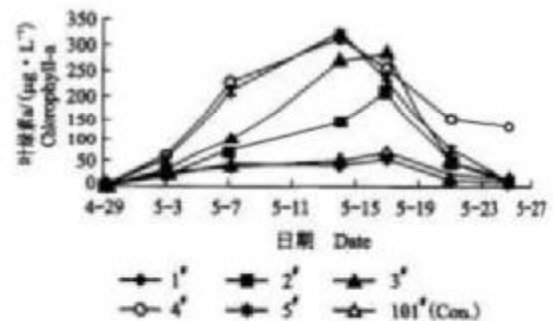


图6 不同施肥池塘浮游植物叶绿素a水平的变化

Fig.6 Variation of chlorophyll-a of phytoplankton in different fertilization ponds

表2 不同施肥浓度对半咸水池塘初级生产力的影响

Tab.2 Effects of different fertilization concentrations on primary production in brackish water ponds

池号 Ponds	日期 Date					$\bar{X} \pm SD$
	2/5	6/5	10/5	14/5	18/5	
1 [#]	2.12	2.70	3.37	3.50	2.93	2.93 ± 0.55
2 [#]	1.92	2.23	6.07	9.95	3.69	4.77 ± 3.33
3 [#]	2.16	2.92	6.11	8.43	4.59	4.84 ± 2.52
4 [#]	1.97	3.30	7.81	10.47	5.67	5.84 ± 3.42
5 [#]	2.25	3.99	7.62	10.92	4.75	5.91 ± 3.41
101 [#] (Control)	1.25	1.65	2.41	2.78	2.43	2.11 ± 0.63

2.3 浮游动物

共检测到浮游动物9种(属),其中原生动物3种,即游仆虫(*Euplotes*)、砂壳虫(*Diffugia*)、单环栉毛虫(*Didinium balbianii*);轮虫3种,即褶皱臂尾轮虫(*B. plicatilis*)、圆形臂尾轮虫(*B. rotundiformis*)、角突臂尾轮虫(*B. angularis*);桡足类3种,即细巧华哲水蚤(*Sinocalanus tenellus*)、近亲真宽水蚤(*Eurytemora affinis*)、伪镖水蚤(*Pseudoscaptomidae*)。

试验后期最高生物量达到了109.3 mg·L⁻¹,浮游动物的优势种为褶皱臂尾轮虫。原生动物在试验初期占有数量上的优势,到中期轮虫和桡足类数量开始增加,而到试验后期轮虫成为数量上的优势种,同时桡足类的比例也有所增加,而原生动物的相对比例减少。各池的浮游动物生物量的变化呈波动式的上升(图7)。

3 讨论

3.1 试验池塘的水质和生物组成特点

本试验池塘属于氯化物型多盐水体,原水平均

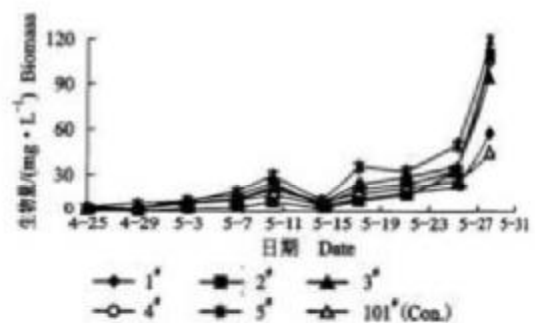


图7 施肥对多盐水池塘浮游动物密度和生物量的影响

Fig.7 Effects of fertilization on density and biomass of zooplankton in brackish water ponds

盐度20,无机氮0.257~0.325 mg·L⁻¹,无机磷0.097~0.116 mg·L⁻¹,DIN/DIP 2.6~3.2,TN/TP 3.8~5.0,远低于Ryding提出的5~12和10~17的指标,表明氮是初级生产力的限制因子。施肥后各池盐度、碱度和硬度变化不大,NO₂⁻-N、NO₃⁻-N、PO₄³⁻-P水平呈波动状态,pH、NH₄⁺-N、COD水平呈上升趋势,透明度下降。这种情况显然是由浮

游植物的增长引起的,浮游生物的光合作用吸收大量 CO_2 , 导致 pH 值升高, 其胞外产物的不断积累使 COD 增高, 随着水中溶解有机氮的增多和被微生物分解, NH_4^+-N 的浓度也逐渐升高, 透明度则和浮游植物生物量呈极显著的负相关 ($n=81, P<0.01$)。

浮游植物由淡水种、盐水和海水种组成。已检出的 33 个种属中, 中肋骨条藻、牟氏角毛藻、亚心型扁藻、湛江等鞭金藻、托根管藻、海洋原甲藻、腰带光甲藻、翅甲藻、茧形藻、长菱形藻等 10 种为海水种或盐种, 约占总数的 30%, 其余为广盐性淡水种类。浮游动物按种类数淡水种为主, 但生物量几乎全由盐水的褶皱臂尾轮虫组成。

3.2 多盐水体施肥控制浮游植物演替的效果

施肥池和对照池中浮游植物群落组成和总种数的变化差别不大, 但生物量、叶绿素 a 含量和初级生产力则因施肥方式不同而有明显的差别。单施磷肥的 1[#] 池在 13~15 d 达到生物量的高峰 ($5.92 \sim 46.31 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$), 平均生物量仅 $18.06 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 高峰时也不超过 $50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 且仅维持几天, 生物量的消长状况和对照池十分接近, 显示肥效较低。单施氮肥的 2[#] 池约经 10 d 的诱发期后开始迅速增长, 约 20 d 后达到高峰, 平均生物量 $56.54 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 峰值达 $224.2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 且维持 5~6 d。氮磷复合肥的 3[#]、4[#] 和 5[#] 池诱发期和达到生物量高峰时间和 2[#] 池基本一致, 但生物量均高于 2[#] 池, 并且 3 个池之间也有不同。平均生物量以施 N $2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 P $0.3 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 4[#] 池最高, 峰值则很接近, 分别为 $277 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $283 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $288 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。高峰期维持时间也以 4[#] 池较长。叶绿素 a 和初级生产力的变化情况和生物量基本相同, 即单施磷肥的肥效低, 单施氮肥的肥效显著但又不及混合施肥的。

淡水施肥鱼池浮游植物生物量一般在几十到 $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 之间, 大于 $200 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的则是过肥的老水^[1,14-19]。相比之下, 本试验中单施氮肥和施复合肥池塘的生物量偏高。施肥鱼池初级生产力变化很大, 范围 $1.9 \sim 42.3 \text{ g}(\text{O}_2) \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$, 施无机肥料的可达 $10 \sim 20 \text{ g}(\text{O}_2) \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ ^[22]。中国国内养鱼池多以有机肥料为主, 毛产量亦达 $5 \sim 10 \text{ g}(\text{O}_2) \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ 。本试验施化肥池初级生产力较低, 均值为 $2.93 \sim 6.24 \text{ g}(\text{O}_2) \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ 。这与试验池塘浮游植物现存量过高有关。

在淡水池塘, 清塘施肥后浮游动物演替规律为

轮虫—枝角类—桡足类, 而多盐水体缺少繁殖快、滤水率高的枝角类, 从轮虫到桡足类之间浮游动物量增长缓慢, 各池又未放养滤食性鱼类, 浮游植物由于生产量大于损失量而有所积累。本试验用氮浓度 $2.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 和磷浓度 $0.3 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 施肥的 4[#] 池小球藻出现较早, 且高峰持续时间最长, 生物量也达到了 $288.2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 能满足生产上作为河蟹的开口饵料和饵料生物轮虫的饵料, 而施肥更高浓度的 5[#] 池 (N $3.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、P $0.4 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$), 浮游植物的诱发期和高峰期等所持续的时间和 4[#] 池并无明显差别, 且高峰时的生物量与 4[#] 池非常接近, 初级生产力等与 4[#] 也无显著性差异。根据淡水鱼池施肥的经验, 施无机肥要少量多次, 在清塘后 3~4 d 即可考虑施肥, 一般 1~2 周 1 次。同时在培养过程中可用敌百虫控制桡足类等大型浮游动物, 用浓氨水控制轮虫等小型浮游动物的发生。

综上所述, 多盐水体施肥后非生物环境的变化趋势和浮游植物群落的演替与淡水池塘基本一致, 最适施肥量也和淡水池塘相同^[20]。然而, 多盐水体池塘也有自身的特点: 1) 优势种的演替比较缓和。试验中的两种小球藻始终占优势, 只是优势度有所变化而已, 其原因无疑是特殊的生境的调控作用, 因此在多盐水体施肥定向培育浮游植物要较淡水鱼池容易做到。2) 池塘缺乏滤水率高的枝角类, 导致浮游植物量过高, 而过高的浮游植物量, 反过来会因自荫作用降低生产力, 因此, 作为蟹苗培育池, 可在中后期引入蒙古裸腹蚤等繁殖力强的浮游动物, 既可提高初级生产力, 又可为蟹苗增加动物性饲料, 建议多盐水体池塘的施肥应和蒙古裸腹蚤引种增殖结合起来。

参考文献:

- [1] Boyer J N, Christian R R, Stanley P W. Patterns of phytoplankton primary productivity in the Neuse River estuary, North Carolina, USA[J]. Mar Prog Ser, 1993, 97(3): 287-297.
- [2] Chang Huan Cho, Sung-Hi Huh. Community structure and distribution of phytoplankton in the Na Ktong River estuary (in Korean) [J]. Ocean Res, 1988, 10(1): 39-245.
- [3] Seliger H H, Carpenter J H, Loftus M, et al. Mechanisms for the accumulation of high concentrations of dinoflagellates in a bioluminescent bay[J]. Limnol Oceanogr, 1970, 15: 234-245.
- [4] Carpenter E J, Durham S. Nitrogenous nutrient uptake, primary production, and species composition of phytoplankton in the Carmans River estuary, Long Island, New York [J]. Limnol Oceanogr, 1985, 30(3): 513-526.
- [5] Eppley R W. Temperature and phytoplankton growth in the sea

- [J]. Fish Bull, 1972, 70: 1063-1085.
- [6] 顾新根, 袁 骥, 沈映庭, 等. 长江口最大浑浊带浮游植物的生态研究[J]. 中国水产科学, 1995, 2(1): 16-27.
- [7] Malone T C, Chervin M B. The production and fate of phytoplankton size fractions in the plume of the Hudson River, New York Bight [J]. Limnol Oceanogr, 1979, 24(4): 683-696.
- [8] Abreu P C, Odebrecht C, Gonzalez A A. Particulate and dissolved phytoplankton production of the Patos Lago on estuary, Southern Brazil: Comparison of methods and influencing factors [J]. J Plankton Res, 1994, 16(7): 737-753.
- [9] Alpine A E, Cloern J E. Trophic interactions and direct physical effects control phytoplankton biomass and production in an estuary [J]. Limnol Oceanogr, 1992, 37(5): 946-955.
- [10] 陈佳荣. 水化学实验指导[M]. 北京: 农业出版社, 1996.
- [11] 雷衍之. 淡水养殖水化学[M]. 广西: 南宁科技出版社, 1990.
- [12] 张党民, 何志辉. 内陆水域渔业自然资源调查手册[M]. 北京: 中国农业出版社, 1991.
- [13] 赵 文, 董双林, 戴均娣, 等. 氯化物水型盐碱池塘浮游植物叶绿素a的研究[J]. 湖泊科学, 2000, 12(3): 248-254.
- [14] 雷衍之, 李永涵. 无锡市阿坝口高产鱼池水质研究Ⅰ: 水化学和初级生产力[J]. 水产学报, 1983, 7(4): 278-299.
- [15] 卢敬让, 李德尚, 徐 宁, 等. 不同种肥料对虾池浮游植物群落的影响[J]. 应用与环境生物学报, 1997, 3: 172-176.
- [16] 卢敬让, 李德尚. 大泽山水库施肥养鱼条件下浮游生物的变化[J]. 水产学报, 1992, 16(3): 256-264.
- [17] 卢敬让, 李德尚, 杨红生. 莱州湾虾池养殖罗非鱼的静水围隔生态系浮游植物的初步研究[J]. 水产科学, 1996, 3(1): 176-183.
- [18] 何志辉. 鱼池施肥理论与实践[J]. 大连水产学院学报, 2000, 15(1): 1-9.
- [19] 何志辉, 李永涵. 无锡市阿坝口高产鱼池水质研究Ⅱ: 浮游生物[J]. 水产学报, 1983, 7(4): 287-298.
- [20] Filardo M J, Dunstan W M. Hydrodynamic control of phytoplankton on low salinity water of the James River estuary, Virginia, USA [J]. Est Coastal Shelf Sci, 1985, 21: 653-667.

Effects of fertilization on phytoplankton succession in polyhaline water ponds

WANG Hai-lei¹, ZHAO Wen¹, LI Xiao-dong², LIU Xu², HE Zhi-hui¹

(1. Key Laboratory of Hydrobiology in Liaoning Provincial University, Dalian Fisheries University, Dalian 116023, China; 2. Panjin Photosynthesis Fisheries Limit Company, Panjin 124010, China)

Abstract: The effects of different fertilizer concentration on hydrochemistry, phytoplankton community succession, chlorophyll a concentration and primary productivity were studied, from April to June 2002 in Photosynthesis Fisheries Co. LTD., Panjin, Northeast Liaoning Province. Six typical ponds numbered 1[#] - 5[#] and 101[#] (control pond) were selected, and the water was from the Liaohu River and the Bohai Sea. The species composition, density, biomass of phytoplankton and the alternative of dominant species were measured. The results showed that 33 species of phytoplankton and 9 species of zooplankton were identified; the phytoplankton biomass peaked at 288.2 mg·L⁻¹ with *Chlorella pyrenoidosa* being the dominant phytoplankton species. Salinity ranged between 20.1 and 24.1. pH varied from 8.14 to 9.91 dramatically, while DO level was 7.82 mg·L⁻¹ in average with little oscillation. Water type was Chloride water type. COD level prominently increased with rise of phytoplankton biomass. Nutrition concentration showed periodicity changes. Chlorophyll a concentration averaged 5.89-325.44 μg·L⁻¹, making up 0.1% - 0.27% of the phytoplankton biomass (wet weight). It reached peak 5-6 days after fertilization, and went back 8-9 days after. The primary productivity was 4.40 g(O₂)·m⁻²·d⁻¹ in average. Phytoplankton community succession was significantly affected by the treatment of fertilizer, especially by the combination of different chemical fertilizers. The phytoplankton biomass reached peak 8-9 days after fertilization. Primary productivity and chlorophyll a concentration, noticeably relative to phytoplankton biomass, were greatly higher in composted and N-fertilized ponds than that in P-fertilized and control ponds. Fertilizer concentration mainly affected the number and composition of phytoplankton species, and the phytoplankton biomass as well. The pond fertilized with N at 2.0 mg·L⁻¹ and P at 0.3 mg·L⁻¹ remained the longest in terms of the phytoplankton biomass. *Chlorella* could be induced with the treatment of chemical fertilizer.

Key words: phytoplankton community succession; fertilization; polyhaline water pond

Corresponding author: ZHAO Wen. E-mail: zhaowen@dlfu.edu.cn