

# 不同养殖类型池塘 浮游生物群落结构的初步分析<sup>\*</sup>

谷 孝 鸿

(中国科学院南京地理与湖泊研究所, 南京 210008)

**提要** 1988年在山东省禹城县演涝洼地中选择四口鱼塘以不同放养类型进行试验, 4—10月测定其浮游生物数量、生物量的变化。根据浮游生物各主要大类(如原生动物、轮虫以及蓝藻、绿藻、硅藻、隐藻和裸藻等)的变化, 分析不同养殖类型池塘浮游生物群落结构变化的稳定性和同步性。同时分析了环境因子特别是生物营养物质的变化对浮游生物的影响。结果指出, 肥水性鱼类在养殖池塘中因搭配比例的差异而导致池塘中浮游生物变化。

**关键词** 主养鱼 浮游生物 演涝洼地

浮游生物是养殖鱼类特别是滤食性鱼类的主要饵料, 其中浮游植物光合作用产生的氧气又是鱼类等呼吸耗氧的主要来源, 养鱼池塘中浮游生物由于受水体营养条件和鱼类组成等影响, 种群不断发生变化。1988年在辛店试验渔场利用盐演涝洼地开挖的鱼塘, 对相邻池塘不同养殖类型即以不同鱼类为主养鱼的四口池塘中的浮游生物逐月采样分析, 并对不同养殖类型池塘浮游生物的变化规律进行研究。

禹城县辛店洼是封闭型的由季节性积水形成的次生盐演涝洼地, 面积 374.5 hm<sup>2</sup>, 洼底高程 17.5 m(黄海基面), 为全县最低点, 洼缘高程 20.0 m, 高差 2.5 m。由于兴修水利, 开挖河道, 地下水位抬高, 造成洼地底部沼泽化, 高处盐渍化。洼地中土壤盐分平均含量为 4.3‰, pH 值为 8.8—9.9。1986年, 中国科学院南京地理与湖泊研究所对洼地进行了综合考察, 根据用中求治的原则, 采用挖鱼塘、建台田的改造方式, 建成了一个洼地生态渔业基地。池塘为 1986、1987 年两年所开挖, 现已发展养殖水面千余亩。养殖用水为引黄水及地下水, 塘水矿化度在 0.5—2.2 g/L, pH 值为 8.35—8.80。

## 1 条件与方法

### 1.1 试验塘及鱼种放养

1988年, 在渔场选择四排相邻的 1、2、3、4 号池塘(以下写成 4-1、4-2、4-3、4-4)进行试验。每口试验塘实际面积约 3000 m<sup>2</sup>, 水深 1.5 m 左右, 长宽比为 5:3, 坡比 1:2, 采用同一

<sup>\*</sup> 国家重点科技攻关项目(75—04—01—01)。

本文承周万平先生审阅, 提出修改意见, 刘桂英、胡文英同志为本文提供部分浮游植物、水化学资料, 特此一并致谢。  
收稿日期: 1992年8月21日; 接受日期: 1993年12月1日。

方式排灌渠水,排灌条件差,没有增氧设施。

鱼种放养:4-1、4-2、4-3、4-4塘分别以罗非鱼、鲢鱼、鲤鱼、草鱼为主,各塘鱼种放养数量、搭配比例见表1。根据不同时期测定出鱼的生长速度并推算鱼类存塘量后,按一定比例投饵。经过近7个月饲养后,各塘产量分别为5955、5175、4905、4425 kg/hm<sup>2</sup>。

表1 不同养殖类型池塘鱼种放养情况

Tab. 1 The survey of fingerling in different types of fish ponds

塘号	罗非鱼		白鲢		鲤鱼		草鱼		花鲢		鳊鱼		鲫鱼		合计	
	尾数	重量	尾数	重量	尾数	重量	尾数	重量	尾数	重量	尾数	重量	尾数	重量	尾数	重量
4-1	17925	103.5	2250	405	1200	133.5	2670	138	750	127.5	375	7.5	300	18	25470	933
4-2			7500	607.5	1350	84	2640	64.5	1230	88.5	1350	24	30	16.5	14370	885
4-3			3900	282	7395	511.5	3330	78	900	4.2	975	24	300	18	16800	955.5
4-4			4800	394.5	1680	99	6735	312	1500	60	300	22.5	300	19.5	15215	907.5

\* 尾数以尾/hm<sup>2</sup>计,重量以kg/hm<sup>2</sup>计

## 1.2 采样与计数

在4—10月养殖期间,每月下旬(21—22日)在试验塘中采0.5m层水样,进行水化学、浮游动、植物的综合分析与鉴定工作。浮游植物、原生动物与小型轮虫,采水样1000mL加15mL鲁果氏液,固定静置24h以上,浓缩至30mL后摇匀取0.1mL,放入计算框中在显微镜下按视野全片计算,每瓶玻样计数两片平均,大型轮虫与浮游甲壳类采5L水用25号网过滤浓缩,全量计数。镜检结果的全部数量按体积法换算成生物量(湿重)<sup>[1]</sup>。定性水样在池塘四角捞取,由于浮游生物在池塘水体中的团块分布及风力影响,浮游生物的采样受到一定影响。

## 2 结 果

在4—10月,每塘各采水样7次,经定量分析,各塘浮游植物、浮游动物的年均值列于表2,而鱼塘中浮游植物、浮游动物的主要大类蓝藻、绿藻、隐藻、硅藻以及原生动物、轮虫的数量、生物量逐月变化情况见表3,对于影响浮游植物、浮游动物的鱼塘水体营养物质的变化情况见表4。

表2 不同养殖类型池塘浮游生物的年平均值

Tab. 2 The average abundance and biomass of the plankton in different types of fish ponds

塘号	浮游植物		浮游动物		浮游动、植物 生物量之比
	数量(10 <sup>4</sup> 个/L)	生物量(mg/L)	数量(10 <sup>4</sup> 个/L)	生物量(mg/L)	
4-1	6236.5	121.78	27603.8	4.01	1:30.4
4-2	9144.6	108.67	25593.5	5.53	1:19.7
4-3	6971.1	83.6	25074.2	5.48	1:15.3
4-4	4145.1	72.7	39344.7	5.12	1:14.2

综合表2和表3可知,虽然四口鱼塘主养鱼不同,但浮游生物数量变化各塘趋于相同,浮游动物中原生动物、轮虫占总浮游动物生物量四口塘都在83%及16%左右,月变化相对

表3 不同养殖类型池塘浮游生物主要大类逐月变化\*

Tab. 3 Monthly changes of main population of plankton in different types of the fish ponds

塘号	月	蓝藻		绿藻		硅藻		裸藻		隐藻		原生动物		轮虫	
		数量	%	数量	%	数量	%	数量	%	数量	%	数量	%	数量	%
4-1	4月	120.88	51.27	88.36	37.48	16.73	7.10	5.91	2.51	2.46	1.04	10800	70.5	4500	29.4
	5月	100.17	20.37	290.22	59.01	74.1	15.07	17.47	3.55	8.12	1.65	63000	93.7	4200	6.3
	6月	5901.96	94.65	216.57	3.47	110.34	1.77	6.15	0.10	0.82	0.01	48800	75.7	15000	24.3
	7月	9155.25	94.62	287.13	2.97	217.41	2.25	8.2	0.08	8.20	0.08	10800	59.0	7500	41.0
	8月	8454.22	93.85	295.35	3.28	209.2	2.32	36.92	0.41	12.30	0.14	4800	100.0		
	9月	7170.3	84.16	812.19	9.53	496.34	5.83	4.10	0.05	36.92	0.43	5100	94.4	300	5.6
	10月	6817.53	73.87	1870.51	20.27	529.16	5.73	8.20	0.09	4.10	0.04	20400	100.0		
4-2	4月	164.17	60.03	71.64	26.20	16.25	5.94	8.13	2.97	5.66	2.07	52800	94.0	3300	5.9
	5月	298.29	46.94	246.12	38.73	69.32	10.91	18.05	2.84	3.28	0.52	3000	43.4	3900	56.3
	6月	16420.3	91.52	1205.98	6.72	283.03	1.58	20.51	0.11	12.31	0.07	53700	85.6	9000	14.3
	7月	3347.23	88.03	246.12	6.47	168.18	4.42	4.10	0.11	36.92	0.97	23400	75.7	7500	24.2
	8月	26010.78	96.08	726.05	2.68	258.43	0.95	61.52	0.23	16.41	0.06	2700	90.0	300	10.0
	9月	7998.9	73.78	2133.05	19.67	693.24	6.39	4.10	0.04	12.31	0.11	1500	20.8	5700	79.2
	10月	2514.52	72.46	754.78	21.75	176.39	5.08	24.51	0.71			11700	95.1	600	4.9
4-3	4月	63.01	66.32	9.34	9.83	15.75	16.58	4.68	4.93	2.22	2.34	15300	49.0	15900	50.9
	5月	146.03	40.78	156.69	43.78	38.15	10.35	10.66	2.98	4.51	1.26	6900	47.9	7500	52.0
	6月	8806.99	94.95	356.87	3.75	110.75	1.19					48900	75.8	15600	24.2
	7月	11550.44	94.95	434.31	3.57	106.65	0.86	16.41	0.13	57.43	0.47	22200	79.5	5700	20.4
	8月	12025.98	95.95	283.04	2.15	188.69	1.43	53.33	0.41	8.20	0.06	7800	96.3	300	3.7
	9月	7666.54	85.62	750.66	8.32	529.16	5.91	8.20	0.09			5400	40.0	8100	60.0
	10月	3097.0	72.18	861.42	20.08	315.86	7.36	16.41	0.38			15600	98.1	300	1.9
4-4	4月	141.31	49.66	97.96	34.43	20.67	7.26	16.49	5.80	1.97	0.69	48600	90.0	5400	10.0
	5月	200.58	47.57	163.25	38.72	29.12	6.91	18.04	4.28	9.43	2.24	46200	80.8	10800	18.9
	6月	632.12	70.72	223.97	25.06	23.79	2.66	12.72	1.42	1.23	0.14	20400	67.3	9900	32.7
	7月	5442.35	94.52	172.28	2.99	114.86	1.99			28.71	0.50	56700	92.6	4500	7.3
	8月	8659.33	95.43	159.97	1.76	201	2.22	28.71	0.32	24.61	0.27	37200	96.1	1500	3.8
	9月	6194.02	88.82	434.81	6.24	324.06	4.65	20.51	0.29			13500	77.6	3300	22.4
	10月	3023.17	79.25	500.44	13.12	262.53	6.88	20.51	0.54	8.20	0.21	16200	96.4	600	3.5

\* 数量(单位:浮游植物  $10^8$  个/L, 浮游动物个/L), %指占浮游植物(或动物)数量的百分比

较为平稳,而浮游植物中蓝、绿藻占绝对优势,四口塘年平均数量占总数量的百分比分别为92.69%、93.01%、91.76%、94.38%,特别是蓝藻年平均四口塘分别占73.26%、75.55%、78.68%、76.91%,而在7、8月份四口塘蓝藻均占总数量的95%左右。因此在高温季节,一方面高温影响鱼类生长,另一方面由于蓝藻中有许多为鱼类所不易消化吸收的藻类种群,所以食浮游生物型的鱼类如白鲢等又受食料生物的限制,生长受到影响。

四口池塘中浮游生物主要优势种的变化趋于一致,藻类中的螺旋藻(*Spirulina*)、色球藻(*Chroococcus*)、颤藻(*Oscillatoria*)、裂面藻(*Merismopedia*)、栅藻(*Scenedesmus*)和十字藻(*Crucigenia*)为主。并且各塘出现的季节性优势种也仅为以上这些种类。其数量都在  $21 \times 10^4$  个/L以上,最高达  $1000 \times 10^4$  个/L以上。浮游动物以砂壳虫(*Difugia*)、焰毛虫(*Astenasia*)、似铃壳虫(*Tintinnopsis*)、异尾轮虫(*Trichocerca*)和无柄轮虫(*Ascomorpha*)为主,同时也出现了其他一些季节性的优势种如急游虫(*Strombidium*)、萼花臂尾轮虫(*Brachionus*)

表4 1988年不同类型池塘营养物质的逐月变化情况

单位:mg/L

Tab. 4 Monthly changes of nutritional factor in different types of fish ponds

日期	塘号	TN	TP	NO <sub>2</sub> -N	NH <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	PO <sub>4</sub> -P	S <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	COD
4月21日	4-1	2.34	0.11	0.00678	0.053	0.11	0.027	2.91	5.51
	4-2	2.58	0.24	0.00678	0.053	0.07	0.061	3.21	5.23
	4-3	2.36	0.10	0.00141	0.035	0.11	0.008	1.86	1.88
	4-4	3.80	0.11	0.00533	0.046	0.004	0.012	2.91	4.00
5月1日	4-1	4.51	0.14	0.0047	0.059	0.22	0.028	3.21	5.17
	4-2	4.92	0.09	0.00265	0.062	1.42	0.015	6.52	6.50
	4-3	5.36	0.15	0.00595	0.063	0.27	0.014	4.56	6.31
	4-4	3.54	0.09	0.00636	0.070	0.44	0.028	4.56	4.53
6月1日	4-1	4.08	0.10		0.03	0.47	0.034	10.23	3.96
	4-2	4.70	0.19		0.03	0.33	0.062	13.02	5.03
	4-3	6.50	0.20		0.04	0.87	0.038	9.64	5.17
	4-4	3.83	0.01		0.02	0.36	0.044	8.32	4.53
7月1日	4-1	3.55	0.08		0.02	0.07	0.02	4.25	4.81
	4-2	4.43	0.13		0.03	1.04	0.04	10.25	3.40
	4-3	4.40	0.13		0.03	0.12	0.02	5.56	7.65
	4-4	4.04	0.09		0.02	0	0.03	10.96	4.53
8月1日	4-1	3.38	0.26		0.01	1.53	0.02	1.86	7.08
	4-2	4.05	0.22		0.05	0.64	0.05	13.17	7.65
	4-3	3.25	0.32		0.05	1.49	0.04	12.58	9.63
	4-4	3.74	0.25		0.03	1.45	0.02	5.09	8.07
养殖周期 中平均值	4-1	3.572	0.138	0.00574	0.0404	0.44	0.0258	4.514	5.306
	4-2	4.136	0.214	0.00472	0.045	0.70	0.0456	9.376	5.562
	4-3	4.496	0.18	0.00368	0.0436	0.572	0.024	7.04	6.128
	4-4	3.79	0.11	0.00585	0.0372	0.451	0.0268	6.368	5.132

*calyciflorus*) 多肢轮虫(*Polyarthra*)等。总的看来,四口塘优势种的差异不明显。

### 3 讨 论

#### 3.1 不同养殖类型池塘浮游生物群落结构变化的稳定性和同步性

从定性标本分析,四口池塘中浮游生物都以六种藻即螺旋藻、色球藻、颤藻、裂面藻、栅藻和十字藻和六种浮游动物即砂壳虫、焰毛虫、似铃壳虫、异尾轮虫、无柄轮虫和多肢轮虫为优势,在鱼类生长旺期,优势群落在数量和生物量上占绝对优势,相应地其它群落则受抑制,仅占很小的比例。此,群落结构的稳定性是这四口鱼塘浮游生物变化的一个共同特点。当然,这种相同性与各均引用同一水源以及用同种饵料喂鱼也有一定关系。在养殖期间优势群落的数量变化具有同步性,藻类变化的高峰一般在7、8、9月,对于较喜温的蓝、绿藻,在一定范围内,其变化与水温变化具有同步性(图1)。浮游动物,主要是原生动物与轮虫,其变化高峰一般在6—7月及1月,这说明一级消费者对生产者藻类在食物链中有一定的依赖性,但不是绝对依赖,而浮游动物中的原生动物类在食物链中对细菌等有依赖性,而对浮游植物则为非依赖性<sup>[2]</sup>。

养殖期间,浮游藻类月均数量以肥水鱼为主的4-2塘最高,而以草食性鱼为主的4-4

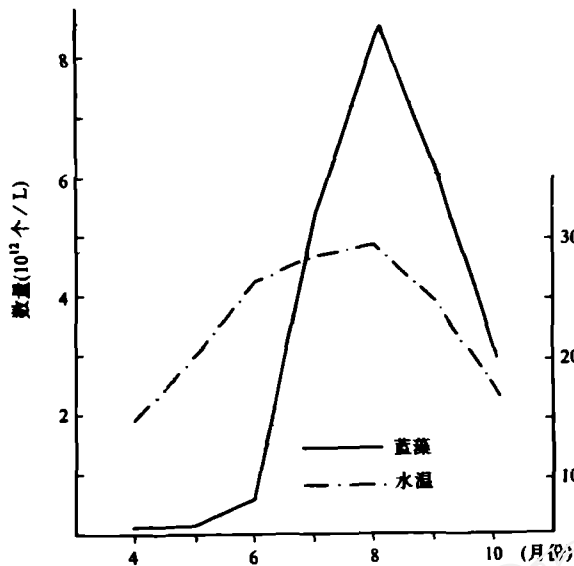


图 1 4-4 塘蓝藻数量变化与水温的关系

Fig. 1 The relationships of water temperature and the abundance of cyanophyta in No. 4-4 pond

塘只有它的 1/2, 4-1、4-3 塘则介于它们之间。对浮游动物而言, 则 4-4 为最高, 为 4-2 的 1.5 倍, 这说明浮游动物与浮游植物之间变化的抑制性。

从表 3 浮游生物各主要大类的年变化看出, 不同鱼类对浮游生物利用程度也不相同。由于浮游生物个体大小的差异, 各塘之间在生物量上的变化与数量上变化稍有不同。以肥水性鱼为主的 4-2 塘远高于以草食性鱼类为主的 4-4 塘。因此要提高精养池塘鱼产量, 首先要根据各种养殖鱼类食性来调节水质, 以滤食性鲢、鳙为主的鱼塘, 肥水促进浮游生物的繁殖生长, 满足滤食性鱼类对天然饵料的需求, 同时鱼类对浮游生物的滤食又可刺激和促进浮游生物的繁殖生长, 进而起到了调节水体中浮游生物密度动态平衡的作用。对于喜欢清新水

质的草食性鱼类来说, 在同等放养量和管理水平相同条件下, 与滤食性鱼类相比, 浮游生物的数量及生物量相应地要低一些。因此, 针对不同养殖鱼类的需要, 科学地调节塘中浮游生物群落结构及群体数量, 是提高鱼产量的重要方面。

### 3.2 环境因子对浮游生物群落结构的影响

环境因子对浮游生物群落的影响是多方面的, 而且极其错综复杂。试验塘的水温、溶解氧、pH 值以及生物营养物质等各项数值的高低都对浮游生物的生长、繁殖、种群变化起着直接的作用。从试验塘浮游生物的种类组成来看, 生物的多样性远低于其它区的高产塘, 这与该地区水质盐碱性偏高(一般为 2‰, 有时也达 3‰)有关, 某些狭盐性淡水浮游生物在这样的环境中较难生存和繁衍<sup>[9]</sup>, 但这一盐度对鱼的生长繁殖并无影响。另外, 新开鱼塘由于池塘中有机物积累相对较少, 对生物的多样性也有一定影响。就鱼塘水体环境而言, 温度无疑是影响浮游生物种群数量和结构变化的最主要因子之一, 试验结果表明, 浮游生物数量的变化与水温的变化在一定范围内呈正相关(图 1), 在超过了适宜范围后这种关系又呈负相关, 如 4-2 塘浮游藻类在水温 14.1°C 时其数量为  $273.48 \times 10^4$  个/L, 生物量为 11.5334 mg/L, 但当温度上升到 28.3°C 时, 其数量已达到  $27073.2 \times 10^4$  个/L, 生物量达到 282.3903 mg/L, 当温度超过 30°C 以上时, 由于浮游藻类的生长、繁殖受到高温的制约, 其数量及生物量增长速度减缓。

浮游生物在生长繁殖过程中除要求一定的适宜温度、光照等条件外, 适当的水体营养条件则是其生长繁殖的物质基础。从表 4 可见, 在养殖周期中, 三氮( $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ )各塘中的平均数分别为 0.4861、0.7497、0.6193 和 0.4940 mg/L, 无机磷( $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ )分别为

0.0258、0.0456、0.024和0.0268 mg/L,无机氮和磷的比值分别为18.8:1、16.4:1、25.8:1和18.4:1。这一结果与浮游藻类对N、P比值的要求(7:1—14:1)相比较,差别不太悬殊。我国无锡高产鱼区的河埭渔场,无机N、P比值为61—139<sup>[4]</sup>。可见池塘中无机氮、磷含量越高,其N、P比值越接近于浮游藻类适宜生长繁殖的要求,浮游藻类数量增长越快。反之,氮和磷中某一种相对量不足,都会使它种成为生理上的多余,同时全部营养的利用也受到限制。试验塘水体严重缺氮、缺磷,在二年的养殖过程中虽经施肥等措施现已改善了很多,但是池塘中氮、磷比例失调,磷的含量仍偏低,无疑氮的吸收利用受到限制,从而影响了浮游藻类的繁殖。表4还表明,试验塘中二氧化硅的含量一直较高,有利于浮游硅藻的生长繁殖,因此,塘内硅藻数量仅次于蓝藻和绿藻,居第3位,为滤食性鱼类提供较好的饵料,这在其它地区的养鱼池塘中不易多见。再从浮游动物和浮游藻类生物量的比值来看,四口塘分别为1:30.4、1:19.7、1:15.3和1:14.2,而一般高产鱼塘浮游动物和浮游植物生物量比为1:3左右<sup>[5]</sup>,显然浮游动物生物量低于浮游藻类,其原因主要是该试验塘开挖不久,塘内适合于浮游动物摄食的细菌和腐屑等较少,而且相对过量的浮游藻类则又抑制浮游动物的生长繁殖。另外,池塘养鱼,由于鱼类密养,大量增加水体营养,出现强烈水花,增加总P浓度,使大的浮游动物消失,而且池塘水体的富营养化,浮游植物及细菌的大量繁殖,加速了小型的原生动物的代谢、生长和繁殖,但浮游动物在数量和生物量上都远低于浮游藻类。

据报道,鲢、鳙鱼最适合的食物密度为10—20 mg/L<sup>[5]</sup>。从表2可见,四口塘内浮游生物的生物量都高于这一数值,而且就易于为鱼类所消化吸收的硅藻、隐藻的变化来看(表3),养殖期间,其一直处于相对高密度,特别在鱼类适于生长的8、9月份,是年间变化的高峰。因此,就总体而言,这样的生物密度完全满足鲢、鳙等鱼类的滤食要求。

从四口塘不同的养殖类型看出,以肥水性鱼类(鲢)为主的滤食浮游生物的塘放养密度增大,浮游植物的初级产量并未下降,而且搭配比例大的4-2塘浮游植物数量却远高于搭配比例小的。在较浅的池塘(水深一般在1.4—1.6 m)中,白鲢的放养比例加大,加速了水体营养物质的循环,促进了底泥对氮和磷释放,使水体中氮和磷含量高于鲢、鳙鱼搭配比例小的,从而促进了浮游植物的大量繁殖,加速了水体营养物质的进程,但在这种密度情况下,如何提高浮游动物特别是大型的枝角类、桡足类数量和生物量,有待今后进一步深入研究。

### 参 考 文 献

- 1 何志辉.淡水浮游生物的生物量.动物学杂志,1979,(4).
- 2 谷孝鸿.滨湖洼地鱼塘中浮游动物的变化.湖泊科学,1992,4(1).
- 3 刘桂英、谷孝鸿.盐碱低洼地鱼塘养鱼时期浮游生物的变化.中国科学院南京地理与湖泊研究所集刊,第7号,北京:科学出版社,1990.
- 4 雷衍之等.无锡市河埭口高产鱼池水质研究.水产学报,1983,7(3).
- 5 何志辉、李永函.清河水库的浮游生物.水生生物学集刊,1983,8(1).

## PRELIMINARY ANALYSIS ON THE COMMUNITY STRUCTURE OF THE PLANKTON IN DIFFERENT TYPES OF FISH PONDS

Gu Xiaohong

(Nanjing Institute of Geography and Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008)

### Abstract

In 1988, four closed fish ponds (4-1, 4-2, 4-3, 4-4) were selected to study the different types of main cultivated fingerlings in fish ponds in the saline-alkali wetland in Yucheng County of Shandong Province. In pond 4-1, 4-2, 4-3, 4-4, *Oreochromis aureus*, *Hypophthalmichthys molitrix*, *Cyprinus carpio*, *Ctenopharyngodon idellus* are the main cultivated fishes, respectively.

During 4—10 months, the abundance, biomass and the key environmental factors in the four fish ponds were tested. According to the changes in the major population of plankton, such as Protozoa, Rotifera, Cyanophyta, Chlorophyta, Bacillariophyta, Cryptophyta and Euglenophyta, the steady and synchronous characteristics of the plankton in four different types of the fish ponds were analysed. In addition, the relationship between the environmental factor, especially the nutritional factor, and the plankton were studied. As the growth and reproduction of plankton need an abundant nitrogen and phosphorus, there was a proportion suitable to N and P of about 15—30 : 1. During the cultivation period, the abundance of plankton had a positive interrelation with water temperature, but the water temperature reached an appropriate point, showing negative interrelation. The different proportions of the ferite feeding fish in ponds led to different species of plankton. In the pond of main cultivated *Hypophthalmichthys molitrix*, the primary productivity is not on the decline. In favourable conditions, there would be more abundance of plankton.

**Key Words** Main cultivated fish, plankton, saline-alkali wetland