

综合养鱼高产池塘的浮游植物

姚宏禄

(江苏省水产局省水产技术推广站, 南京 210003)

摘 要 根据对综合养鱼不同养殖结构类型、不同产量水平的高产池塘浮游植物定性定量的连续观测, 查明了浮游植物丰度及其季节变化; 分析了浮游植物群落组成类型及其季节变化; 讨论了各型鱼池浮游植物群落组成上的差异性、共同性及浮游植物水华类型与养鱼水质的生物等级。得出结论: 综合养鱼高产池塘里主要是隐藻、膝口藻、蓝裸甲藻、角甲藻、裸藻、空球藻、衣藻、棕鞭藻等鞭毛藻类和硅藻、大型绿球藻等优势属种交替形成水华, 它们是滤食性鱼类的充足的优质适口饵料, 这10种水华都是一等水质。

关键词 综合养鱼, 高产鱼池, 浮游植物, 优势种群, 丰度, 水华

浮游植物是综合养鱼高产池塘生态系统的主要初级生产者。它的高产鱼池生态系统的结构和物流能流中具有很重要的地位和作用。关于我国高产鱼池浮游植物组成、生物量、水华类型、水质等级、初级生产力及其在能流中的地位等有过研究和报道^[1,2,4-13,15,16]。而对不同养殖结构类型的综合养鱼高产池塘的浮游植物种量及其变化的对比分析研究, 尚未见报道。现将我们1979—1984年先后在南京、苏州等地对不同养殖类型高产鱼池的浮游植物对比分析研究作一系统的报道, 以期进一步为高产鱼池的培养水色、“看水”养鱼和水质管理提供有关生物质量指标和理论依据。

材 料 和 方 法

(一) 鱼池情况

试验点为南京刘家圩养鱼场、苏州市郊区长青乡申庄养鱼场及吴县黄桥乡占上养鱼场。实验期间(1979—1984)的太阳能总辐射量为37578—45880GJ/公顷·年, 年平均气温为15.7—16.6℃。

实验池为土池, 重点观测共8口: 南京刘家圩1号池0.8公顷、水深2.6米, 为Ⅱ型池, 即主养鲢鳙非鲫高产池。苏州申庄边基池0.6公顷、水深2.6米, 西眼池0.44公顷、水深3

收稿日期: 1994-12-05。

* 江苏省科委资助的重点科研项目

米,小东眼池 0.47 公顷、水深 2.6 米,大东眼池 0.96 公顷,水深 2.5 米,均为 I 型池,即主养青鱼池;吴县占上 1 号池 0.6 公顷、水深 2.8 米,14 号池 0.61 公顷、水深 2.9 米,9 号池 0.7 公顷、水深 2.9 米,均为 I 型池,主养青鱼或青草鱼并重型池。I 型池,即滤食性鱼和非滤食性鱼并重养殖类型,其有关数据引用何志辉等有关无锡市河埭口的研究报告^[4,5]。

(二)观测方法

浮游植物观测方法按《湖泊调查基本知识》和《内陆水域渔业自然资源调查试行规范》进行。逐月采样,1979—1984 年期间共采集水样 216 个,其中定量分析水样 117 个。通常在池心采集水样,分层(上层水深 0.3 米处、中下层水深 1.5 米处)或在水深 0.5—1 米处采水样,每 1000 毫升水样加入 15 毫升鲁哥氏液固定 48 小时以上,后浓缩至 30 毫升左右,另加福尔马林固定。具体定性定量测定的镜检换算方法均按规范进行。

结 果 和 讨 论

(一)浮游植物丰度及其季节变化

I、II、III 型不同鱼产量水平高产鱼塘的浮游植物丰度各月测定数据列于表 1。如表 1 所示,各型鱼池的浮游植物丰度都呈现明显的季节差异,通常每年出现春(4 月)、秋(9、10 月)两个高峰。有时因蓝裸甲藻水华或膝口藻水华,在夏季(6、7 月)也形成浮游植物丰度高峰,生物量可高达每升 200 毫克左右。在各型鱼池之间的浮游植物丰度也有差异:I 型鱼池为 20—60 毫克/升,II 型鱼池为 30—80 毫克/升,III 型鱼池介于 I、II 型之间,且接近于 I 型。浮游植物丰度大于 20 毫克/升的水样在 I、II 型的出现频度为 91%、94%,而在 III 型的出现频度接近 100%。在养殖类型相同的鱼池,其浮游植物丰度则随投饵施肥量、鱼产量水平的增加而逐步或逐年增长。

(二)浮游植物群落组成类型

I、II、III 型高产鱼池的浮游植物群落组成对比数据列于表 2。表 2 揭示出各型鱼池之间在鱼的生长季节(4—11 月)的浮游植物群落组成呈现明显差异。

1. I 型中主养青鱼高产鱼池的浮游植物群落丰度组成 隐藻 43.37%、蓝藻 14.58%、绿球藻 11.92%、裸藻 10.67%、硅藻 6.86%、甲藻、金藻及其它绿藻 12.6%。其群落结构特征:隐藻 16—26 毫克/升、蓝藻 5—10 毫克/升、绿球藻 4—8 毫克/升、裸藻 3—6 毫克/升、硅藻 2—5 毫克/升、甲藻、金藻及其它绿藻 4—8 毫克/升,季节性出现的蓝裸甲藻生物量 50—100 毫克/升,浮游植物总生物量常是 34—63 毫克/升,蓝裸甲藻水华期的总生物量可达 100 毫克/升以上。

I 型中青草鱼并重型高产鱼池的浮游植物群落丰度组成:隐藻 26.32%、裸藻 26.01%、绿球藻 9.33%、蓝藻 9.28%、硅藻 6.26%、其它绿藻及甲藻、金藻 22.8%。其群落结构特征:隐藻 8—16 毫克/升、裸藻 8—16 毫克/升、绿球藻 3—6 毫克/升、蓝藻 3—6 毫克/升、硅藻 2—4 毫克/升、其它绿藻及甲藻、金藻 7—12 毫克/升,季节性出现的蓝裸甲藻生物量 50—100 毫克/升,浮游植物总生物量常是 31—60 毫克/升。蓝裸甲藻水华期的总生物量可达 100 毫克/升以上。

2. II 型高产池的浮游植物群落丰度组成 隐藻 51.76%、绿藻类 19.03%、甲藻 13.02%、硅藻 9.71%、裸藻 3.49%、金藻 1.62%、蓝藻 1.37%。其群落结构特征:隐藻 15—31 毫克/升、绿藻 5—14 毫克/升、甲藻 5—9 毫克/升、硅藻 3—6 毫克/升、裸藻 1—3 毫克/升、金藻 0.5—

1 毫克/升、蓝藻 0.5—1 毫克/升,季节性出现的蓝裸甲藻生物量 50—100 毫克/升,浮游植物总生物量常是 30—65 毫克/升,蓝裸甲藻水华期的总生物量可达 100 毫克/升以上。

表 1 综合养鱼高产池塘浮游植物丰度(mg/l)的季节分布

Table 1 Seasonal distributions of phytoplankton abundance in integrated fishculture high-output ponds

养殖类型 Stocking pattern	池塘 Pond	年份 Year	平均水温 Water temperature (°C)	1月 Jan.	2月 Feb.	3月 March	4月 Apr.	5月 May	6月 June	7月 July	8月 Aug.	9月 Sep.	10月 Oct.	11月 Nov.	12月 Dec.
1. 主养非滤食性鱼 ¹⁾	苏州 申庄														
10t/ha.yr	边基池	1983	16.3	—	—	—	60.09	48.87	52.81	169.41	45.18	38.99	—	36.43	—
11.25t/ha.yr	西眼池	1983	16.3	—	—	—	51.40	54.35	18.85	30.67	12.14	32.35	—	48.89	—
	小东眼池	1983	16.3	—	—	—	81.01	37.84	44.89	58.70	20.74	39.79	6.72	51.44	—
15t/ha.yr	西眼池	1984	16.0	—	—	—	49.99	22.67	21.91	60.26	56.27	69.57	—	—	—
	大东眼池	1984	16.0	—	—	—	144.99	34.72	17.00	49.38	54.97	80.60	—	—	—
	吴县 占上														
11.25t/ha.yr	1号池	1983	16.3	—	—	—	—	71.35	29.68	30.88	7.00	47.07	23.32	47.78	—
	14号池	1983	16.3	—	—	—	—	20.94	38.91	41.64	22.40	44.88	20.46	37.20	—
15t/ha.yr	1号池	1984	16.0	—	—	—	49.60	36.43	36.44	32.35	121.31	60.24	152.18	—	—
	14号池	1984	16.0	—	—	—	50.13	14.82	15.24	20.41	41.39	60.38	49.01	—	—
	9号池	1984	16.0	—	—	—	106.39	19.55	14.38	29.43	33.01	85.12	144.00	36.43	—
2. 主养滤食性鱼 ²⁾	南京 刘家圩														
11.25t/ha.yr	1号池	1979	15.8	—	—	—	49.46	—	—	35.00	38.00	68.50	48.00	34.00	46.00
15t/ha.yr	1号池	1980	15.5	35.00	35.17	34.40	73.07	79.33	208.87	35.85	51.39	36.67	71.43	24.86	16.57
	1号池	1981	15.7	55.07	47.67	68.59	107.24	43.99	47.19	49.06	62.29	82.67	130.60	42.37	—
3. 滤食性与非滤食鱼并重 ³⁾	无锡 柯埭														
7.5t/ha.yr	大方池	1977	16.6	—	—	—	—	5月—8月:18个水样平均生物量 46.2±19.55 ^A				—	—	—	—
11.25t/ha.yr	小方池	1977	16.6	—	—	—	—	5月—8月:17个水样平均生物量 46.3±22.22 ^B				—	—	—	—
15t/ha.yr	大庆池	1977	16.6	—	—	—	—	5月—8月:13个水样平均生物量 46.8±12.86 ^C				—	—	—	—

1) Mainly stocking non-filter-feeding fishes 2) Mainly stocking filter-feeding fishes 3) Averagely stocking filter-feeding and non-filter-feeding fishes

A. May~Aug; Average biomass with 18 samples B. May~Aug; Average biomass with 17 samples C. May~Aug; Average biomass with 13 samples

3. Ⅲ型高产池的浮游植物群落丰度组成 隐藻 23.34%、裸藻 23.01%、甲藻 20.39%、绿球藻 11.03%、其它绿藻类 17.95%、蓝藻 2.3%、硅藻 1.75%、金藻 0.23%。其群落结构特征: 隐藻 10—28 毫克/升、裸藻 8—26 毫克/升、甲藻 6—18 毫克/升、绿球藻 5—10 毫克/升、其它绿藻类 8—12 毫克/升、蓝藻类 1—2 毫克/升、硅藻 1—2 毫克/升,季节性出现的蓝裸甲藻

表 2 综合养鱼高产池塘的浮游植物群落组成
Table 2 Phylum composition of phytoplankton communities in integrated fishculture high-output ponds

养殖类型 Stocking pattern	池塘 Pond	水样数 Samples	浮游植物总量 Phytoplankton total 生物量 biomass	绿藻 Bacillariophyta 生物量 biomass			硅藻 Euglenophyta 生物量 biomass			蓝藻 Cyanophyta 生物量 biomass			绿球藻类 Chlorococcae 生物量 biomass			甲藻、金藻及其它绿藻 Pyrrophyta, chrysophyta and other chlorophyta 生物量 biomass		
				数量 quantity (10 ⁴ /l)	重量 weight (mg/l)	占总量 Percent of total (%)	数量 quantity (10 ⁴ /l)	重量 weight (mg/l)	占总量 Percent of total (%)	数量 quantity (10 ⁴ /l)	重量 weight (mg/l)	占总量 Percent of total (%)	数量 quantity (10 ⁴ /l)	重量 weight (mg/l)	占总量 Percent of total (%)	数量 quantity (10 ⁴ /l)	重量 weight (mg/l)	占总量 Percent of total (%)
1 主养草鱼 (1985, 1984)	苏州 申庄		4886	51.92														
主养青鱼 ²⁾	边高池、西高池 及东高池 (1985, 1984)	34			23.52	43.37												
主养青鱼 ³⁾	吴县 占上																	
	1 号池、14 号池 及 9 号池 (1993, 1994)	35	3148	45.36														
1 主养鳊鱼 (1993, 1994)	南京 刘家圩																	
	1 号池 (1979, 1980, 1981)	29	9559	70.67														
1 主养鳊鱼 (1979, 1980, 1981)	无糖 河塘 双元池、大方池、 小方池及大灰 池(1977)	69																

1) Mainly stocking non-filter-feeding fishes 2) Mainly stocking Black carp 3) Mainly stocking filter-feeding fishes 4) Mainly stocking filter-feeding and non-filter-feeding fishes 5) Averagely stocking filter-feeding fishes

生物量 50—100 毫克/升,浮游植物总生物量常是 39—98 毫克/升,蓝裸甲藻水华期的总生物量可达 100 毫克/升以上。Ⅱ型同一池塘内浮游植物群落组成的季节变化数据列于表 3,表明其浮游植物种量的季节变化极为活跃。这显然与该池施有机粪肥,隐藻和蓝裸甲藻等鞭毛藻类占浮游植物总生物量的 84.92% 有关。

表 3 主养鲢鳙非鲫高产池塘浮游植物群落的季节变化(南京刘家圩 1 号池,1980—1981)

Table 3 Seasonal change of phytoplankton communities in intensely manured fishculture high-output ponds with silver carp, Bigheads and Tilapia as the major culture species (Pond 1, Liujiawei, Nanjing, 1980—1981)

门类 Phylum	生物量 Biomass	月份 Month	1980	1981										
			12 月 Dec.	1 月 Jan.	2 月 Feb.	3 月 March	4 月 Apr.	5 月 May	6 月 June	7 月 July	8 月 Aug.	9 月 Sep.	10 月 Oct.	11 月 Nov.
隐藻 Cryptophyta	数量 (10 ⁴ /l)	quantity	379.25	1081.65	1350.65	1584.47	231.00	458.40	42.40	574.37	220.75	851.79	169.77	749.8
	重量 (mg/l)	Weight	15.17	43.27	40.52	53.38	9.22	18.34	1.70	22.98	8.83	34.06	6.80	29.99
裸藻 Euglenophyta	数量 (10 ⁴ /l)	quantity	—	53.70	8.50	25.45	224.00	11.30	133.00	169.79	475.74	484.87	79.23	59.27
	重量 (mg/l)	Weight	—	4.24	0.51	1.53	22.13	1.13	13.30	13.02	39.87	33.00	2.80	4.79
甲藻(蓝裸甲藻等) Pyrrophyta (Gymnodinium cyanum, etc)	数量 (10 ⁴ /l)	quantity	—	26.88	—	—	7.07	34.00	—	—	—	—	186.74	—
	重量 (mg/l)	Weight	—	2.15	—	—	0.57	2.72	—	—	—	—	112.10	—
绿藻 Chlorophyta	数量 (10 ⁴ /l)	quantity	942.40	318.20	778.05	288.52	17198.76	29669.31	3231.65	4246.95	1958.40	3650.33	2857.62	1829.1
	重量 (mg/l)	Weight	1.01	5.30	6.72	2.37	71.47	18.43	30.30	8.88	6.32	13.90	7.60	6.88
蓝藻 Cyanophyta	数量 (10 ⁴ /l)	quantity	56.50	—	14.15	2.83	363.60	848.80	741.30	885.61	1177.19	790.64	119.35	503.6
	重量 (mg/l)	Weight	0.34	—	0.02	0.03	0.38	2.76	1.45	1.35	4.69	1.32	0.40	0.71
硅藻 Bacillariophyta	数量 (10 ⁴ /l)	quantity	14.15	1.42	84.90	—	301.33	124.50	87.70	277.32	350.83	50.75	11.32	—
	重量 (mg/l)	Weight	0.05	0.06	1.90	—	3.14	0.61	0.44	2.75	1.69	0.38	0.90	—
金藻 Chrysophyta	数量 (10 ⁴ /l)	quantity	—	15.55	—	359.34	108.93	—	—	14.15	148.50	1.42	—	—
	重量 (mg/l)	Weight	—	0.05	—	1.08	0.33	—	—	0.08	0.89	0.01	—	—
合 计 Total	数量 (10 ⁴ /l)	quantity	1392.30	1497.40	2236.25	2260.61	18434.60	31146.31	4236.05	6168.19	4331.41	5829.80	3424.03	3141.8
	重量 (mg/l)	Weight	16.57	55.07	49.67	68.59	107.24	43.99	47.19	49.06	62.29	82.67	130.60	42.37

(三)各型鱼池浮游植物群落组成上的主要差异

1. 在属种出现上的差异 I 型中青草鱼并重型池塘各月出现的浮游植物有隐藻、裸藻、绿藻、蓝藻、硅藻、甲藻、金藻、黄藻的 104 个属种, I 型中主养青鱼型池塘则为 86 个属种,以上两者的生物量变动幅度较稳定,分别为 34—63 毫克/升、31—60 毫克/升。Ⅱ型鱼池的属种与生物量接近于 I 型。Ⅲ型鱼池各月出现的浮游植物有 68 个属种,生物量变动幅度较大,为 39—98 毫克/升,显得更加“肥、活、爽”。

2. 在优势属种上的差异 I 型中主养青鱼型与青草鱼并重型池塘浮游植物优势属种的最大差异是:前者隐藻占 43.27%、裸藻只占 10.61%;而后者隐藻占 26.32%、裸藻占 26.01%。

这主要反映出两者养殖方法上的差异,由于后者增加了草鱼放养量和投草量,水质条件更利于裸藻的生长繁殖。如前者有效氮含量 1.7—2.46 毫克/升、有机物耗氧量 13.3 毫克/升;后者的有效氮含量 2.56—5.52 毫克/升,有机物耗氧量 15.3 毫克/升,均明显高于前者。裸藻繁荣会在一定程度上抑制了隐藻的发展。同理,Ⅲ型鱼池由于主要施用有机粪肥,有效氮含量平均为 3.48 毫克/升,有机物耗氧量 15 毫克/升左右,因而隐藻占 23.34%,裸藻占 23.01%。Ⅱ型池也因有效氮含量和有机物耗氧量均接近或稍低于Ⅰ型中主养青鱼池,以致裸藻只占 3.49%,而隐藻(啮蚀隐藻、扁形膝口藻等)高达 51.76%。

各型鱼池在蓝藻含量上呈现很大差异。Ⅲ型鱼池蓝藻占浮游植物总生物量的 2.3%,Ⅱ型鱼池仅 1.37%,含量都很少;而Ⅰ型主养青鱼池为 14.58%,青草鱼并重型池为 9.28%,都明显高于Ⅰ、Ⅱ型池。其主要原因是Ⅰ、Ⅲ型池中放养的非鲫大量摄食蓝藻,从而有效地控制了蓝藻数量。再就Ⅰ型池蓝藻含量而论,其生物量也不太高,且以尖头藻等为主,不是常见的微囊藻、鱼腥藻为主。这表明在隐藻为主的鞭毛藻类占优势的情况下会抑制蓝藻种群数量的增长。

各型鱼池的金藻、甲藻、绿藻的含量差异也较大:金藻生物量Ⅰ>Ⅱ>Ⅲ型;甲藻、绿藻的生物量均为Ⅰ<Ⅱ<Ⅲ型。可见甲藻、绿藻比金藻更耐肥水。

(四)各型鱼池浮游植物群落组成上的共同特点

1. 以隐藻为主的鞭毛藻类为优势属种 隐藻、甲藻、裸藻等鞭毛藻类在Ⅰ型主养青鱼(只投饵、不施肥)池中占浮游植物总生物量的 67%;青草鱼并重型池中占 75.13%,在Ⅱ型池中占 53.7%(河埭口大庆池,1977)—83.7%(河埭口双元池,1977)^[4,5],在Ⅲ型池(以施有机粪肥为主)占 84.92%(刘家圩 1 号池)。这一特点显然与高产鱼池实施混养密养和大量投饵施肥有关。的确是综合养鱼高产池塘的一个重要通性。

2. 鞭毛藻为主的藻类群落促进水质“肥、活、爽”Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ型鱼池水中有机物耗氧量为 8—25 毫克/升,平均 13—16 毫克/升。大量有机物质和营养盐类为营兼性营养的鞭毛藻类在种间竞争中提供了得天独厚的优越条件。它们既可利用光能吸收无机碳进行光合作用生产氧(鱼池中溶氧的主要来源)^[9]和使水体处于氧化状态,减少 NH_3 、 H_2S 和 CH_4 等有害气体的产生;又可吸收有机碳进行异养生活。既可吸收溶解有机质;又可吞食颗粒有机物质,从而不断地降低池水中有机质含量。总之,鞭毛藻类在水体自净过程中发挥了重要作用,促进水质的“肥、活、爽”。同时,大量增殖的鞭毛藻类及其分泌的有机质、自身死亡解体产生的大量有机碎屑,都是高产鱼池基础饵料的主要来源^[15,16],这都促进了鱼池物质和能量的良性循环。

3. 鞭毛藻为主的藻类群落提供滤食性鱼类充足的优质适口饵料 浮游植物月平均生物量在Ⅰ型池平均为 48.64 毫克/升(45.36—51.92 毫克/升),Ⅱ型池为 46.77 毫克/升,Ⅲ型池为 70.67 毫克/升。在鱼类生长季节的丰度通常都在 20 毫克/升以上,能够满足滤食性鱼对浮游生物密度不小于 10 毫克/升的需求,丰度是适当和充足的。根据 Michael 等^[14]和刘焕亮^[3]的观察,白鲢适口食粒的下限应在 10—20 微米之间,如隐藻、膝口藻、蓝裸甲藻、光甲藻等的大小都在这个界限之上,都是滤食性鱼的优质适口饵料。

(五)水华类型与水质等级

关于水华类型、浮游植物丰度与鱼产量的关系等,作者已有详细报道^[2,15]。常见的优势种群有隐藻(*Cryptomonas* SPP)、膝口藻(*Gonyostomum*)、蓝裸甲藻(*Gymnodinium cyaneum*)、角甲藻(*Ceratium*)、裸藻(*Englena*)、衣藻(*Chlamydomonas*)、空球藻(*Eudorina*)、棕鞭藻(*Ochromonas*)、针杆藻(*Cynedra*)和菱形藻(*Nitzschia*)、束丝藻(*Aphanizomenon*)、绿

球藻 (*Chlorellaceae*)、囊裸藻 (*Trachelomonas*)、尖头藻 (*Raphidiopsis*)、平裂藻 (*Merismopedia*) 等水华类型。其中隐藻、膝口藻、蓝裸甲藻、角甲藻、裸藻、衣藻、空球藻及棕鞭藻等 8 个优势种属于鞭毛藻类。除棕鞭藻生物量不大外,大多数鞭毛藻类的生物量都较大。它们是滤食性鱼充足的优质适口饵料,这 8 个水华都是一等水质^[5]。针杆藻和菱形藻也是鲢鳙的优良饵料,其水华亦属一等水质。束丝藻是鲢鳙的优质饵料,其水华属二等水质。绿球藻水华若是空星藻、盘星藻等大型种类占优势,可属一等水质,若是栅藻和其它小型绿球藻占优势,鲢鳙不易滤食和消化,则属很差的水质。囊裸藻不易被鲢鳙消化,其水华属三等水质。尖头藻虽易消化,但体型较小,其水华亦属三等水质。平裂藻是微型藻类,不易被鲢鳙滤食和消化,其水华是很差的水质。

综上所述,综合养鱼高产池里由 14 个优势属种交替形成水华或共同形成水华,尤以隐藻等为主的鞭毛藻类占绝对优势,加上硅藻水华、大型绿球藻水华,为滤食性鱼类提供了充足的优质适口饵料,同时它们的光合作用、代谢活动及群落的消长演替促进了水质的“肥、活、爽”。可见,它们是综合养鱼培养水色、“看水”养鱼的主要对象和基本群落。

参 考 文 献

- [1] 王武, 1981. 高产成鱼池蓝绿裸甲藻水华的研究. 水产学报, 5(4): 351—360.
- [2] 王友亮、姚宏禄、吴乃薇等, 1994. 主养青鱼高产池塘的浮游植物和有机碎屑. 水产学报, 18(4): 297—304.
- [3] 刘焕亮, 1981. 鲢、鳙的滤食器官. 大连水产学院学报, (1): 13—33.
- [4] 何志辉、李永函, 1983. 无锡市河埭口高产鱼池水质研究(I. 浮游生物). 水产学报, 7(4): 287—300.
- [5] 何志辉, 1985. 从“看水”经验论养鱼水质的生物指标. 水生生物学报, 9(1): 89—98.
- [6] 吴乃薇、边文冀、姚宏禄, 1992. 主养青鱼池塘生态系统能量转换率的研究. 应用生态学报, 3(4): 333—338.
- [7] 钟功甫、邓汉增等, 1987. 珠江三角洲基塘系统研究, 58—71. 科学出版社(北京).
- [8] 姚宏禄, 1987. 真蓝甲藻的生态研究. 海洋湖泊科学文集, 157—161. 农业出版社(北京).
- [9] 姚宏禄, 1988. 综合养鱼高产池塘的溶氧变化周期. 水生生物学报, 12(3): 199—210.
- [10] 姚宏禄、吴乃薇、顾月兰等, 1990. 主养青鱼高产池塘的初级生产力及其能量转化为鲢鳙产量的效率. 水生生物学报, 14(2): 114—128.
- [11] 姚宏禄, 1991. 主养鲢鳙非鲫高产鱼塘的初级生产力. 南京林业大学学报, 15(增刊——生态学专辑): 27—32.
- [12] 姚宏禄, 1993. 主养鲢鳙非鲫高产鱼塘的初级生产力与能量转换效率的研究. 生态学报, 13(3): 272—279.
- [13] 雷衍之等, 1983. 无锡市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, 7(3): 185—199.
- [14] Michael C. Cremer and R. O. Smitherman, 1980. Food habits and growth of Silver and Bighead carp in cages and ponds. Aquaculture, (20): 57—64.
- [15] Schroeder, G. L., 1978. Autotrophic and heterotrophic production of microorganisms in intensely-manured fishponds, and related fish yields. Aquaculture, (14): 303—325.
- [16] Yao Honglu, 1993. Phytoplankton production in integrated fish culture high-output ponds and its status in energy flow. Ecol. Eng., 2: 217—229.

PHYTOPLANKTON IN INTEGRATED FISHCULTURE HIGH—OUTPUT PONDS

Yao Honglu

(Jiangsu Provincial Fisheries Technique Extension Center, Jiangsu Provincial Bureau of Fisheries, Nanjing, 210003)

ABSTRACT The phytoplankton was determined and analyzed during 1979~1984 for integrated fish culture high—output (7.5~15 metric ton/ha. yr) ponds of three different stocking patterns (20%, 50% and 80% filter—feeding fish stocking, respectively).

Investigations were made on the seasonal changes in phytoplankton community including 14 dominant species, which form water bloom alternately. Among others, the Flagellate (including *Cryptomonas*, *Gonyostomum*, *Gymnodinium cyaneum*, *Ceratium*, *Englena*, *Chlamydomonas*, *Eudorina*, *Ochromonas*) are major dominant species population.

The photosynthesis of phytoplankton plays a major role in increasing feeds and dissolved oxygen and purifying water. As water quality reflects the community types and standing biomass of phytoplankton, it is an important index for judging production conditions of fishpond ecosystem. High—output fishponds, which apply manures and feeds the usual 1 st class water quality, are consisted of *Cryptomonas* bloom, *Gymnodinium cyaneum* bloom, *Ceratium* bloom, *Gonyostomum* bloom, *Englena* bloom, *Chlamydomonas* bloom, *Eudorina* bloom, *Ochromoras* bloom, *Bacillariophyta* bloom and Big—algae *Chlorococcales* bloom, etc.

KEYWORDS Integrated fishculture, High—output fishponds, Phytoplankton, Dominant species, Abundance, Water bloom