

# 无锡市河埭口高产鱼池水质的研究\*

## II. 浮游生物

何志辉 李永函

(大连水产学院)

### 提 要

无锡河埭口高产鱼池的浮游植物量多在20—100毫克/升之间,以隐藻门为代表的鞭毛藻类占很大优势,绿球藻类和硅藻类次之,蓝藻极少。浮游动物量平均大约为浮游植物量的1/4—1/3,以轮虫为主。

当地养鱼池的水色,主要由膝口藻、隐藻、裸甲藻和绿球藻的水华颜色决定的。膝口藻水华是渔民最喜欢的“肥水”,隐藻水华和绿球藻类水华为一般“肥水”,裸甲藻水华被称为“转水”。

文中对“肥、活、嫩、爽”的生物学内容同浮游生物量及鲢、鳙鱼产量的关系进行了分析。

无锡河埭口是我国养鱼高产的地区,那里养鱼高产主要技术关键之一,是看水养鱼。也就是说,根据水色来鉴定水质,从而决定施肥、投饵、排注水等一系列管理措施。鱼池的水色,主要是由浮游生物的种类和数量决定的,因此研究鱼池中浮游生物的种类和数量变化,探讨养鱼池水质的生物学指标,有助于把看水养鱼经验上升到理论高度,有利于高产技术的推广。

### 工 作 方 法

重点鱼池和非重点鱼池均在池中心固定一个点采样,一般在水中层采样,有时在表层(0.2米)和底层(离底0.2—0.3米)采样,取其平均值分析。此外,还根据渔民看的水色,不定期地采样,进行分析研究。另选五里湖3个鱼池作为对照。

浮游植物的定量水样,一般是采水500—1000毫升,经沉淀并浓缩至1/5—1/10(少数水色极浓的水样未浓缩)后,取0.1毫升在400—600倍显微镜下观察50—100个视野,并进行计数。小型浮游动物和大型浮游植物的定量,是将水样1升浓缩至10毫升,计数其中1—2毫升后进行推算。大型浮游动物则用网过滤20—50升水后观察计数。

观察结果换算为每升个数(或细胞数),再按体积法<sup>[1]</sup>,计算各类生物的平均湿重,然

\* 参加工作的还有郭明新、顾道良、庄龙杰、朱雅殊和胡秀敏同志。

后乘以个体数量,求得各类浮游生物的生物量。

每次采样的同时,记录水色和透明度。

## 肥水的浮游生物量指标

### (一) 浮游植物

从表1可见:4个重点研究高产鱼池浮游植物的平均生物量非常接近(46.2—47.8毫克/升);4个非重点鱼池差别稍大(47.8—51.9毫克/升),这点与采样次数较少有关。总的说来,可以认为河圩口各个高产鱼池的浮游植物量是非常接近的:8个鱼池91个水样的平均值是 $46.4 \pm 21.30$ 毫克/升,也就是说通常在25—70毫克/升之间。

从出现的频度来看,则72.5%水样的生物量在20—60毫克/升之间,91%水样在20—100毫克/升之间。

在全部91个水样中,只有6个水样(其中一个为18.6毫克/升)生物量低于20毫克/升,而且这6个水样都是在渔民已发觉水质不佳而采取冲水和其他措施后采样的。因此可以认为高产鱼池肥水浮游植物量的低限约为20毫克/升。

据Паллов等人(1969)的实验观察<sup>[14]</sup>,鲢在滤食束丝藻(*Aphanizomenon* spp.)时,最适的密度是17毫克/升,而鳙的最适密度是13毫克/升。Вовк(1976)认为<sup>[19]</sup>,鲢在绿藻、硅藻和裸藻的生物量超过8—10毫克/升的水中,生长得最快。这些材料都表明,鲢、鳙鱼的最适食物密度当在10—20毫克/升之间。可见20毫克/升以上的浮游植物量完全能满足鲢鳙鱼的要求。

五里湖三个低产鱼池中,15号和19号两池约50%水样的生物量超过20毫克/升,可谓半肥水;21号池从未达到20毫克/升,应属瘦水。

所有高产鱼池的水样中,浮游植物量仅两个水样超过100毫克/升。这与鲢、鳙、罗非鱼等的强烈滤食有关,因为在密养条件下浮游生物不易长时间保持很高的密度,而过高的生物量常是未被充分利用而剩余下来的标志。Кузьмичева(1979)<sup>[18]</sup>曾指出:养鱼池浮游植物量超过100毫克/升时,鱼产量并不随着浮游植物量的增加而提高。无锡渔民也并不欢迎水色过深的水质,他们把水色过深的池水称为“老水”。

此外,鲢、鳙鱼总是在呼吸的同时滤食,所以当水中浮游生物密度过大而溶氧量不足时,其结果使鱼类不是感到氧量不足,就是滤进的食物过多,以致消化不良。浮游植物量大于100毫克/升虽然不能断定这就超过了最适食物密度的上限,但至少是水中物质循环不良的一个指标。大体说来,“肥水”与“老水”的浮游植物量界限约在100—200毫克/升之间。

从图1—图4可见,观测期间各池浮游植物量都有很大的波动。相关分析(表2)表明,小方池浮游植物量和磷酸盐含量呈显著相关( $r = -0.668$ ,  $n = 11$ ),双元池浮游植物量和总氮量呈显著相关( $r = -0.671$ ,  $n = 9$ ),其余各组的相关性均未达到显著水平。由此可见,无锡河圩口高产鱼池由于其本身有较高肥力或施放足够肥料等原因,所以浮游植物量的变动仅在少数情况下与水中营养盐类的含量有关,而在更大程度上取决于被鱼类和浮游动物的滤食以及排、注水等管理措施。

表 1 无锡河埭公社 8 个高产鱼池和五里湖 3 个对照鱼池的浮游生物量

鱼池	观测期	样品数	浮游植物量 (毫克/升)								浮游动物量 (毫克/升)				浮游植物量/浮游动物量		
			总量	硅藻门	甲藻门	绿藻门	硅藻门	硅藻门	裸藻门	金藻门	蓝藻门	总量	原生动物	轮虫		枝角类	桡足类
重点观测鱼池	双元池	21	47.8±28.17	27.72	10.90	5.02	2.49	0.72	0.62	0.28	12.0±10.69	1.26	10.74	0	0	59.8	1/4
	大池	18	46.2±19.55	29.94	1.99	7.72	3.97	0.97	0.79	0.88	15.1±17.78	3.91	11.17	0.02	0	61.3	1/3.1
	小方池	17	46.3±22.22	24.63	4.68	8.43	5.23	2.08	0.56	0.65	10.1±4.41	1.67	7.99	0	0.44	56.4	1/4.6
	大庆池	13	46.8±12.86	14.55	6.79	14.41	6.46	2.76	1.08	0.75	13.9±8.52	1.98	11.83	0	0.09	60.7	1/3.4
非重点观测鱼池	靠浜池	9	45.4±18.98	21.25	8.35	8.67	3.77	1.95	1.04	0.36	13.4±6.05	3.94	9.13	0.33	0	58.8	1/3.4
	玉山池	6	51.9±16.17	30.15	4.46	7.84	6.07	0.99	0.31	2.08	14.7±6.99	2.47	11.66	0.67	0	66.6	1/3.5
	必春池	6	41.8±13.43	17.31	7.27	8.28	5.85	2.47	0.29	0.29	9.6±4.03	1.98	7.20	0.42	0	51.4	1/4.4
	老边池	6	44.9±25.29	26.22	4.67	8.17	3.50	0.76	1.08	0.49	10.6±3.69	1.85	8.75	0	0	55.5	1/4.2
对照鱼池	五里湖19号	5	27.1±11.03	4.2	4.3	6.8	4.3	7.1	0.7	0.5	8.1±3.43	0.2	7.3	0.6	0.1	35.2	1/3.4
	五里湖15号	5	27.7±14.06	7.0	2.3	4.7	5.3	6.0	0.3	0.5	7.7±2.52	0.2	6.9	0.3	0.2	35.4	1/3.5
	五里湖21号	5	10.2±3.03	1.4	0.7	2.9	1.6	2.2	0.5	0.5	2.6±1.78	0.5	1.7	0.4	0	13.8	1/3.8

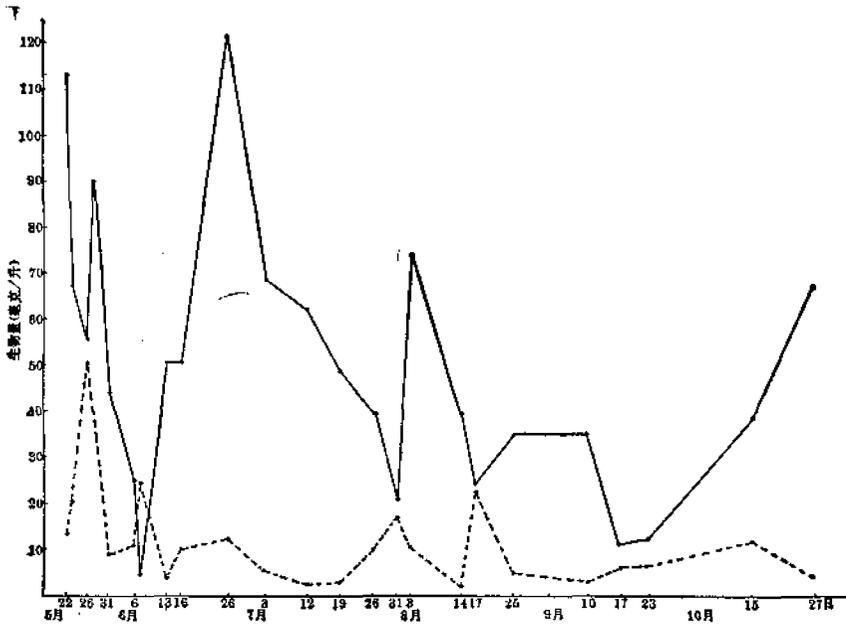


图1 二元池浮游植物量(—)和浮游动物量(-----)的变动

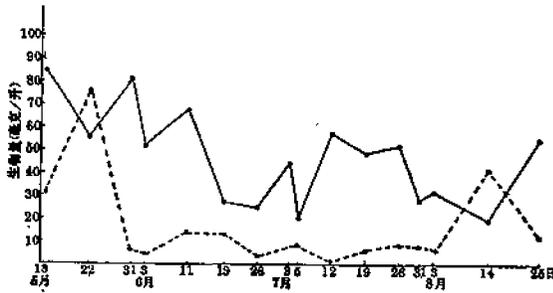


图2 大池浮游植物量(—)和浮游动物量(-----)的变动

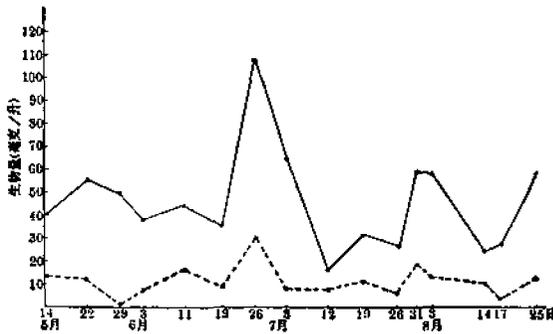


图3 小方池浮游植物量(—)和浮游动物量(-----)的变动

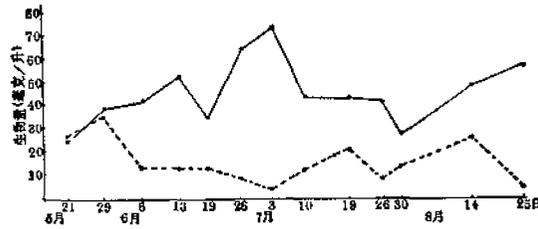


图 4 大庆池浮游植物量(——)和浮游动物量(-----)的变动

表 2 浮游植物量和总氮、总无机氮及磷酸盐间的相关分析\*

营养盐类	大 池		小 方 池		大 庆 池		双 元 池	
	n	r	n	r	n	r	n	r
总 氮	11	-0.116	11	-0.450	10	-0.476	9	-0.671
总无机氮	9	-0.236	8	-0.238	9	-0.390	8	-0.480
磷 酸 盐	11	-0.324	11	-0.668	10	-0.324	8	-0.126

\* 根据雷衍之等(1983)的数据分析(水产学报 1983 7(3):185—199。)

## (二) 浮 游 动 物

从表 1 可见,高产鱼池浮游动物量的差别较显著,各池的平均值在 9.6—15.1 毫克/升之间。全部 91 个水样的总变幅在 1—75 毫克/升之间,不过只有 9 个水样的浮游动物量低于 5 毫克/升,3 个高于 30 毫克/升,将近 90% 的水样是在 5—30 毫克/升之间。3 个低产鱼池水样的浮游动物量平均为 2.6—8.1 毫克/升,和高产鱼池的差异不象浮游植物那样悬殊。

浮游动物量与浮游植物量的比值,在各水样中变化很大,但平均值的对比则各池都较接近。11 个鱼池均在 1/3.1—1/4.6 之间,高产鱼池的 91 个样品的平均比值为 1/3.7。由此可见,鱼池肥水中浮游植物量和浮游动物量之比多为 3—4:1,因此内塘养鱼经验中鲢与鳙按 3:1 的比例放养比较合理。

相关分析(表 3)表明:大庆池浮游动物量和浮游植物量间的相关性极为显著( $r = -0.704$ ,  $n = 13$ ),而其他三个高产鱼池中两者的相关性却都不显著。这点可能与大庆池浮游植物中绿藻占较大比重有关(见表 1)。因为绿藻类是轮虫的喜食饵料。

表 3 浮游动物量和浮游植物量的相关分析

鱼	池	n	r
大	池	17	-0.169
小	方 池	16	-0.427
大	庆 池	13	-0.704
双	元 池	19	-0.126

## 肥水的浮游生物种类

### (一) 浮游植物

从表1可见: 8个高产鱼池的浮游植物量中, 隐藻门的数量均居首位, 其次为绿藻门或甲藻门, 硅藻门也占一定比重, 其余裸藻门、金藻门和蓝藻门都微不足道。

隐藻门的生物量在14.6—30.2毫克/升之间, 主要种类为扁形膝口藻(*Gonyostomum depressum*)<sup>(1)</sup>、隐藻(*Cryptomonas* spp.) 和蓝隐藻(*Chroomonas* sp.)。其中扁形膝口藻是最有代表性的优势藻类, 各池的平均生物量为4.4—26.3毫克/升, 最盛期在六月下旬到七月中旬。特别是二元池, 本种从五月下旬出现后持续到十月下旬, 并且在9月中旬以前几乎处于独霸地位。

隐藻也是主要优势藻类, 平均生物量(3.8—22.8毫克/升)仅次于膝口藻。五月份在各池普遍占优势, 夏季以后也有较多的数量。

甲藻门在二元池居浮游植物量第二位, 在其他7个池则次于绿藻。各池平均生物量为4.5—10.9毫克/升, 主要种类为蓝裸甲藻(*Gymnodinium Cyanum*)<sup>(2)</sup>和光甲藻(*Glenodinium* sp.)。前者常与扁形膝口藻同时大量出现, 但数量波动剧烈, 各池的平均生物量也差别很大(0.3—11毫克/升)。

绿藻门的平均生物量为4.9—14.4毫克/升, 在大庆池中其生物量几乎和隐藻门相等。主要种类有: 衣藻(*Chlamydomonas* spp.)、十字藻(*Crucigenia* spp.)、栅藻(*Scenedesmus* spp.)、小球藻(*Chlorella* sp.)、绿球藻(*Chlorococcum* sp.)、四角藻(*Tetraedrom* spp.)、纤维藻(*Ankistrodesmus* sp.)、空星藻(*Coelastrum* spp.)、网球藻(*Dictyosphaerium* sp.)等。种类多, 细胞小, 数量又分散, 所以没有突出的优势种。

硅藻门的平均生物量为2.5—6.5毫克/升, 主要种类为小环藻(*Cyclotella* sp.)、菱形藻(*Nitzschin* spp.)和直链藻(*Melosira* sp.)。其中小环藻有时在总生物量中占优势。

裸藻门、金藻门和蓝藻门的平均生物量都不超过3毫克/升, 常见的有裸藻(*Euglena* spp.)、囊裸藻(*Trachelomonas* spp.)、鱼鳞藻(*Mallomonas* spp.)、蓝球藻(*Chroococcus* spp.)、平裂藻(*Merismopedia* spp.)等。

五里湖3个低产鱼池中, 裸藻门、绿藻门和隐藻门三者的平均生物量很接近; 蓝藻门很少。各门的主要种类和河埭口高产鱼池相近, 但生物量分散, 优势种不很突出。此外裸藻和囊裸藻的相对量较高。

总之, 从种类组成上看, 河埭口高产鱼池浮游植物有3个显著的特点:

(1) 鞭毛藻类占很大的优势 隐藻、甲藻、裸藻、金藻等鞭毛藻类在浮游植物总量中所占百分比, 在二元池达到83.7%; 最低的大庆池也有总量的53.7%。这点可能是我国高产鱼池的通性, 因为我国传统的养鱼方式除投给人工饵料以外, 还施入大量有机肥料, 大量溶解的和悬浮的有机质使营兼性营养的鞭毛藻类在种间竞争上较其他藻类处于有

(1) 分类地位未定, 暂列于隐藻门。

(2) 俞敏娟等, 1979. 光强度及光质对淡水蓝裸甲藻(*G. cyanum* Hu. sp. nov.) 生态分布的影响。中国海洋湖沼学会年会论文汇编(4)。

利地位。大庆池因施化肥量较多,绿藻占的比重较大。

(2) 蓝藻的含量很少 在一般肥水中常占优势的蓝藻门种类,在整个观察期间生物量都很低(仅占总量 0.6—4.0%)。盛夏从太湖流入梁溪河的水中含大量铜绿微囊藻(*Microcystis aeruginosa*),这种水注入鱼池后蓝藻仍未繁殖起来。

蓝藻对不良的物理化学因素有较高的忍耐力,很多种类有固氮能力,常在其他藻类难以适应的环境中大量繁殖。河埭口高产鱼池含氮量较高(1—2 毫克/升),pH 日变化不大(多在 7—9 之间),其他水质条件也较正常,在鞭毛藻类占优势的条件下蓝藻种群难以增长。

(3) 白鲢的适口食物较多 据 Кузнецов (1977)<sup>[19]</sup> 的材料,白鲢的适口食粒为 20—60 微米大小,据 Michael 等 (1980)<sup>[6]</sup> 和刘焕亮(1981)<sup>[4]</sup> 的观察,白鲢适口食粒的下限应在 10—20 微米之间,前述的主要种类如膝口藻、裸甲藻、隐藻、光甲藻等大多在这个界限之上。

各种鞭毛藻类几乎都是白鲢的优质食物,加上大小适口和密度适当,这些条件构成了白鲢稳产高产的物质基础。

## (二) 浮游动物

从表 1 可见:无论高产鱼池还是低产鱼池,浮游动物量中均以轮虫为主,甲壳类和原生动动物仅占很小的比重。

8 个高产鱼池中轮虫的平均生物量为 7.2—11.8 毫克/升,占浮游动物总量的 68.1%—89.5%。主要种类按生物量排列为:晶囊轮虫(*Asplanchna* sp.)、沟痕泡轮虫(*Pompholyx sulcata*)、裂足轮虫(*Schizocerca diversicornis*)、疣毛轮虫(*Synchaeta* sp.)、萼花臂尾轮虫(*Brachionus calyciflorus*)、针簇多肢轮虫(*Polyarthra trigle*)、同尾轮虫(*Diurella* sp.)和三肢轮虫(*Filinia* sp.)。

原生动物在高产鱼池中平均有 1.3—3.9 毫克/升,占浮游动物总量 10.5%—29.4%,当水质恶化时在底层曾达到 107.8 毫克/升(大池,5 月 22 日)。主要种类有喇叭虫(*Stentor* sp.)、弹跳虫(*Halteria* sp.)、筒壳虫(*Tintinnidium* spp.)等。

枝角类仅见到秀体溞(*Diaphanosoma*)和裸腹溞(*Moina*)两属的种类;挠足类仅见到剑水蚤(*Cyclops* sp.)及其无节幼体,生物量都不超过 1 毫克/升。

甲壳类在浮游动物中这么少的原因,和鱼池中因防病而时常施用敌百虫有关。由于缺乏食物的竞争者,轮虫类得以长期占优势。在轮虫中晶囊轮虫、疣毛轮虫等肉食性种类的生物量之所以较高,可能是直接利用裸甲藻、膝口藻等较大型浮游植物的缘故。

3 个低产鱼池浮游动物的主要种类和高产鱼池相近,晶囊轮虫、沟痕泡轮虫和裂足轮虫也是生物量较多的种类;此外萼花臂尾轮虫所占比重稍高。

## “看水”的生物学分析

肥水池塘水色主要是浮游植物形成的水华决定的。要探讨渔民看水色的原理,首先

(1) 刘焕亮,1981. 鲢鳙的滤食器官. 大连水产学院学报,(1):13—33.

要了解水华的组成。

河埭口高产鱼池在整个生长期都出现显著的水华,按组成的优势种类,水华基本有下列四类:

### 1. 膝口藻水华

优势种为扁形膝口藻,隐藻、裸甲藻和绿球藻类通常也有相当数量。水色由褐绿到墨绿,看上去油亮鲜嫩,为高产鱼池最常见的一种水华,出现频度达 56.6%,总生物量可达 100 毫克/升以上。

### 2. 隐藻水华

隐藻属的种类占优势,蓝隐藻、小环藻和绿球藻类的数量也比较多。水色由绿褐、褐至红褐。为高产鱼池较常见的一种水华,出现频度为 24.2%,总生物量可达 100 毫克/升以上。

### 3. 裸甲藻水华

优势种为蓝裸甲藻。当这种藻几乎成为唯一的种类并且生物量很高时,水色即由铁灰色到深蓝色,但通常都含有较多的膝口藻、绿藻和其他藻类,使水色呈褐绿或墨绿;水面有由裸甲藻聚集而成的蓝绿色云状斑条或云状团块,渔民称为“转水”;总生物量可达 100 毫克/升以上。

### 4. 绿球藻类水华

通常由十字藻、栅藻、四角藻、绿球藻等属的种类占优势,隐藻、衣藻等鞭毛藻类的数量也较多。水色为由绿到褐绿,总生物量一般不超过 50 毫克/升。

以上四种类型水华的划分是相对的,有时出现过渡类型甚至优势种和亚优势种难以明确区分。有时小环藻以生物量的微弱多数占优势,这时水色褐绿。

由于浮游植物的优势种和亚优势种大多数是鞭毛藻类,它们有明显的趋光垂直移动特性,所以水色也有周期性的日变化。特别是膝口藻种群的垂直移动十分显著。如图 5 所示:夜间到翌日清晨上下水层分布较均匀,日出后开始向表层集中,中午 1 时表层数量达到底层的 5 倍,日落后垂直分布又趋于均匀。

在隐藻、裸甲藻和光甲藻及其他鞭毛藻类中也见到这种垂直移动,白天的数量也是上

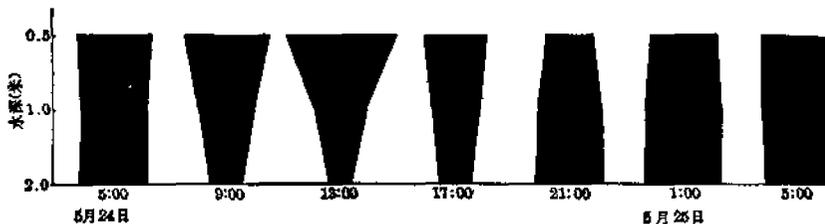


图 5 双元池 1977 年 7 月 24—25 日扁平膝口藻数量(阴影宽 0.5mm =  $10^4$  个/升)的垂直分布

层高于下层,但水色的变化没有膝口藻那样显著。

渔民对水是什么颜色并不重视,认为水“活”就是好水。“活”指水色有变化,所谓“早红晚绿”或“早青晚绿”,其含意是水色早晨较淡,日出后到午后越来越浓。这种现象显然是由鞭毛藻类的趋光垂直移动所造成的。例如有膝口藻水华的鱼池到午后水色转浓,水的透明度可能较早晨减少 7—10 厘米。

我们结合渔民看水色采样观察,也证明膝口藻水华是他们最喜欢的肥水。这种藻大小适口,种群数量比较稳定。镜检鲢、鳙消化道表明,消化情形极好,肯定是鱼类的最优食物之一。隐藻水华和绿球藻类水华是由褐色到绿色的一般肥水。

蓝裸甲藻也是鲢鳙适口和易消化的食物,但是这种藻的数量波动很大,天气突变时易大量死亡并引起泛塘。所以渔民对这种水华怀有戒心,认为是一种可能转好也可能转坏的水。

渔民将肥而不活的水叫“老水”。我们在河埭口见到的“老水”有两类:一是蓝裸甲藻几乎是唯一种类时的铁灰色死滞水;二是绿球藻类水华极浓且种类十分单调的黄绿色水。这两种水都是优势种细胞老化后形成的。有些资料<sup>[4]</sup>指出,甲藻当种群达到平衡期时或缺氮时可能停止趋光运动。蓝裸甲藻极多时水色不活,可能与此有关。绿藻当细胞老化时,叶绿素含量减少而胡萝卜素和叶黄素含量增多,所以水色发黄。“老水”的生物量常超过 100 毫克/升。

渔民通常按水的透明度来衡量浮游生物的多少。一般以人站在上风的池埂上能够看到浅滩水深 4—5 寸处的贝壳,或以手臂伸入水中 5—6 寸处弯曲五指时手指若隐若现作为透明度适中的标准。

我们把所测透明度值和浮游植物量及浮游生物总量进行相关分析,结果表明,透明度与两者均有极明显的相关,与浮游植物量的相关性( $r = -0.6086$ ,  $n = 84$ )更大于与浮游生物总量的相关性( $r = -0.5411$ )。以  $r$  表示浮游植物量(毫克/升),以  $x$  表示透明度(厘米),两者的回归方程式为:

$$y = 153.69 - 3.06x$$

从图 6 可见,虽然总的趋势是浮游植物量随透明度的升高而减少,但在同一透明度时的浮游植物量可相差数倍,还出现多次透明度很小而浮游植物量却不高的情况。这是因为,水的透明度不但取决于浮游生物量,还与腐屑、泥砂等其他悬浮物的多少有关。

按上式计算,浮游植物量 20—100 毫克/升时的透明度为 43—19 厘米。肥水透明度的均数为 32 厘米,但大多数集中于 25—35 厘米之间。由此可见,当用透明度衡量水的肥度时,应以 20—40 厘米作为合格,25—35 厘米作为最适度。

上述透明度值均较渔民所谓的 4—6 寸为高,这点可从两方面来解释:一是岸边和浅滩的水,受泥砂影响较大,二是尚能看到贝壳或五指时的水深,小于用透明度板测到的数值。

## 浮游生物和鲢鳙鱼产量

一般认为养鱼池中鲢、鳙鱼的产量主要是靠浮游生物提供的,那么无锡河埭口高产鱼

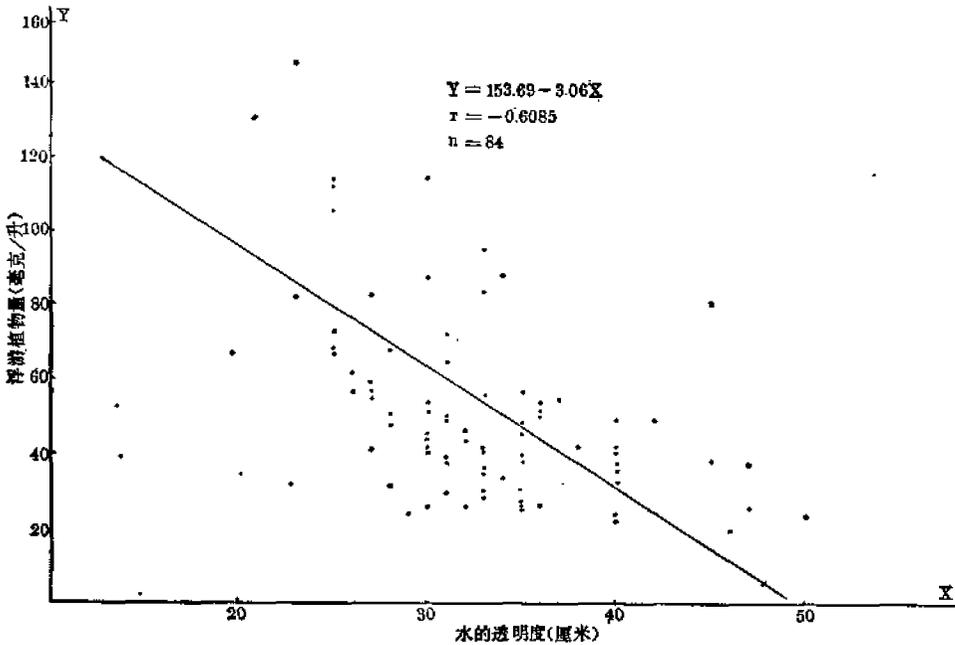


图6 浮游植物量和透明度的关系

池的肥水能够提供多少鲢、鳙产量呢？下面作一估算。

据雷衍之等的测定，大庆池、小方池和大方池的浮游植物净产量分别为 8.07、7.98 和 7.53 克  $O_2$ /米<sup>2</sup>·日，按 1 克  $O_2$  = 6.1 克浮游植物鲜重计，则 3 个池的日产量平均约为 48 克/米<sup>2</sup>。据王骥等(1981)<sup>[2]</sup>的试验，挂瓶 24 小时所测定的产量要偏低 30% 以上。上述数值加上 30% 校正后约为 62 克/米<sup>2</sup>；这一数值可以作为河埭口高产鱼池的平均浮游植物日产量。

观测期间，8 个高产鱼池浮游植物量的变动虽然各有特点，但平均量十分接近，总的说来，其消耗量基本等于生产量。如以  $P$  表示浮游植物产量， $A$  表示自然死亡数， $B$  表示被浮游动物摄食量， $C$  表示罗非鱼和其他鱼类摄食量， $D$  表示被鲢、鳙滤食量，则：

$$P = A + B + C + D$$

前已指出，浮游植物净产量( $P$ )为 62 克/米<sup>2</sup>·日，亦即 41 公斤/亩·日。

水中浮游动物量平均为 12.4 毫克/升，相当于 16.5 公斤/亩，其中轮虫平均占 78%。据 Эрман (1962)<sup>[15]</sup>的观测，萼花臂尾轮虫当食物密度较高时(40—80 毫克/升)日粮为本身体重的 93—104%；据 Богатова (1980)<sup>[9]</sup>的材料，萼花臂尾轮虫的日粮为体重的 21—572%；据 Gliwicz (1968)<sup>[8]</sup>的材料，湖泊浮游动物以晶囊轮虫、疣毛轮虫等轮虫类为主时，夏季日粮为体重的 118—176%。因此河埭口高产鱼池浮游动物日粮可按体重的 100% 计算，若其中 70% 为浮游植物(因肉食性轮虫主要摄食大型浮游植物)，则  $B = 11.5$  公斤/亩·日。

罗非鱼、鲫鱼等在池中的重量平均在 50 公斤/亩左右，若日粮为体重的 20%，其中浮游植物占半数，那么  $C = 5$  公斤/亩·日。

据 Uhlmann (1979)<sup>[4]</sup>的材料, 浮游植物每天有 0.01—0.2 自然死亡, 如果自然死亡和未被滤食的按 0.1 计算, 则  $A=8$ 。

按上述计算, 浮游植物产量除去  $A$ 、 $B$ 、 $C$  三项消耗外, 尚有 20.5 公斤/亩·日可作为鲢、鳙的饵料, 饵料系数按 20<sup>[11]</sup>计算, 则每天可提供 1 公斤/亩的鲢(鳙)产量。

高产鱼池浮游动物量平均为 12.4 毫克/升。轮虫的日  $P/B$  系数多在 0.1—0.6 之间<sup>[11]</sup>, 如按 0.3 计算, 则浮游动物日产量为 7.4 克/米<sup>3</sup> 或 5 公斤/亩, 如有 70% 被鲢(鳙)直接滤食, 饵料系数为 10, 那么每天可提供 0.35 公斤/亩的鲢(鳙)产量。

由此可见, 浮游生物每天约可提供 1.35 公斤/亩的鲢、鳙鱼产量。无锡地区高产鱼池夏季鲢、鳙鱼每月净产量约有 50—60 公斤/亩, 个别有达到 75 公斤/亩的, 日产量应在 1.5—2.5 公斤/亩之间。因此除了浮游生物所提供的以外, 尚有 10—50% 鲢、鳙产量是来自腐屑和细菌或人工饵料。

从鲢鳙鱼的日食量估算也能得到相近的结论。无锡地区高产鱼池夏季鲢、鳙一般从 110 公斤/亩增长到 175 公斤/亩<sup>(1)</sup>。日食量一般为体重的 20% (Kajak, 1979)<sup>[5]</sup>, 因此每天要摄食 22—35 公斤/亩的食物。前述 20.5 公斤/亩·日的浮游植物产量在月初可基本满足鱼类的需要, 月末则尚有 43% 必须从其他方面补充。

据雷衍之等的估算, 河埭口肥水的悬浮有机物中, 腐屑和细菌约占 75%, 浮游生物仅占 25%。鲢鳙鱼在滤食浮游生物同时, 必然滤进大量腐屑和细菌以及一部分人工饵料。这些质粒完全有可能占鲢、鳙日粮的 50% 以上。

据 Schroeder (1978)<sup>[7]</sup>对以色列混合施肥鱼池的分析, 有机肥料和化学肥料配合使用每日可以得到 32 公斤/公顷, 亦即 2.15 公斤/亩的鱼产量, 其中约 30—50% (0.6—1.05 公斤/亩·日) 来自初级产量, 50—70% 来自细菌和腐屑。与之相比, 河埭口浮游植物产量直接提供的鲢(鳙)产量已达到其高限, 如加上其他食物作用, 显然要远远超过这一数字。由此表明: (1) 由于白鲢的高密度放养, 我国鱼池初级产量的利用率较高; (2) 由于水质调节较好, 浮游植物的质量较高。

## 小 结

1. 根据对河埭口 8 个高产鱼池浮游生物的定量研究, 可以认为养鱼池肥水的浮游植物量指标约为 20—100 毫克/升, 100—200 毫克/升可能是肥水和老水的过渡区; 浮游动物量平均为浮游植物量的 1/4—1/3。

2. 在肥水浮游植物中以隐藻门为主的鞭毛藻类占很大优势, 绿球藻类和硅藻类也有一定比重, 蓝藻类极少。10—20 微米以上鲢鳙的适口食粒为浮游植物量的主要成分。浮游动物以轮虫类为主, 肉食性的晶囊轮虫和疣毛轮虫占生物量的较大比重。

3. 河埭口养鱼池水色主要由扁形膝口藻、隐藻、蓝裸甲藻和绿球藻类的水华决定的; 膝口藻水华是渔农最欢迎的肥水, 隐藻水华和绿球藻水华为一般肥水, 蓝裸甲藻水华为可能变好也可能变坏的“转水”。

(1) 王杏明, 1980。花白鲢对浮游生物的摄食量、饵料系数和周年生长变化。无锡水产资料, 第 2 期。

## 4. “看水”的生物学分析是:

肥——浮游植物量达到 20 毫克/升以上;

活——以膝口藻为代表的鞭毛藻类占优势并且产生趋光垂直移动;

嫩——藻类种群处于增长期,细胞未老化;

爽——浮游生物不断繁殖又不断被利用,水中物质循环良好;浮游植物现存量不超过 100—200 毫克/升。

5. 鲢鳙鱼产量约 50—90% 来自浮游生物,其余 10—50% 来自细菌,腐屑和人工饵料。

## 参 考 文 献

- [1] 何志辉, 1979. 淡水浮游生物的生物量. 动物学杂志, (4): 53—56.
- [2] 王骥等, 1981. 武汉东湖浮游植物的初级生产力及其与若干生态因素的关系. 水生生物学集刊, 7(3): 295—311.
- [3] Gliwicz, Z. M., 1968. The use of anaesthetizing substances in the studies on the food habits of zooplankton communities. *Ekol. Pol. A*, 17: 665—703.
- [4] Heaney, S. I. and J. F. Talling, 1980. Dynamic aspects of dinoflagellate distribution patterns in a small productive lake. *Journal of Ecology*, 68: 75—94.
- [5] Kajak, Z., 1979. The possible use of fish, especially silver carp—*Hypophthalmichthys molitrix* (Val.)—to overcome water blooms in temperate water bodies. *Human impacts on life in fresh waters*, 77—86.
- [6] Michael, O. Cremer and R. O. Smitherman, 1980. Food habits and growth of silver and bighead carp in cages and ponds *Aquaculture* 20: 57—64.
- [7] Schroeder G. L. 1978. Autotrophic and heterotrophic production of microorganisms in intensivelymanured fish ponds and related fish yields. *Aquaculture*, 14: 303—325.
- [8] Uhlmann D. 1979. *Hydrobiology*. John Willey and Sons Ltd.
- [9] Богатова И. Б. 1980. Рыбоводная гидробиология. «Пищевая промышленность». Москва.
- [10] Вовк П. С. 1976. Биология дальневосточных растительноядных рыб и их хозяйственное значение. Исследования в водоемах Украины. «Наукова Думка» Киев.
- [11] Иванова М. Б., 1979. Продукция Коловраток. Общие основы изучения водных экосистем: 141—149.
- [12] Кузнецов Е. А., 1977. Потребление бактерий белой толстолобиком *Hypophthalmichthys molitrix* (val.). *Вопрос. ихтиол.* том 17, вып. 3.
- [13] Кузьмичева В. И., 1979. Оптимальные условия развития Фитопланктона в рыбоходных прудах. Общие основы изучения водных экосистем: 236—246.
- [14] Папов Д. А., Сорокин Ю. И. И Мотенкова А. Г., 1969. Экспериментальное изучение питания молоди толстолобиков. *Вопрос. ихтиол.* том 9, вып. 1 (154): 138—152.
- [15] Эрман Л. А., 1962. Питание и размножение планктонных коловраток *Brachionus calyciflorus* Pallas в массовых культурах ДАН Т. 144, № 4: 926—929

## STUDIES ON THE WATER QUALITY OF THE HIGHYIELD FISHPONDS IN HE LIE COMMUNE, WUXI SHI II. PLANKTON

He Zhihui and Li Yonghan

(*Dalian Fisheries College*)

### Abstract

This paper embodies the results of observations on the plankton in eight fish ponds in Heliekou, Wuxi shi and three fish ponds in Wuli hu fish farm during the growing season in 1977. Samples were collected at 5-7 days intervals from four main ponds and at semi-month intervals from seven ordinary ponds.

The biomass of phytoplankton determined by the method of calculating cell volume generally varies between 20--100mg/L, in which the flagellate algae were predominated and Cyanophyte was rare.

The average biomass of zooplankton is about the 1/4 to 1/3 that of phytoplankton. Rotifers are dominate.

The fish farmers judge the quality of water by observing of water colour. The colour of the fertile water is mainly caused by the water blooming of four dominate planktons: Gonyostomum bloom, Cryptomonas bloom, Gymnodinium bloom and Chlorococcus bloom. According to the experience of the fish-farmer, the brown green water which caused by Gonyostomum bloom is the best fertile water, the brown water caused by Cryptomonas bloom and the Green water caused by Chlorococcus bloom are the medium fertile water, while the so-called changing water which caused by the Gymnodinium bloom is an intermediat form which either may change to be good water or may change to be bad water.

Based on a rough caculation the production of the silver and bighead carp about 50--90% comes from the plankton energy in the different times.