

三种不同类型养殖湖泊浮游生物的比较*

吴萍秋 周远捷

(武汉市水产科学研究所) (中国科学院武汉植物研究所)

目前,我国一般大、中城市近郊的水产养殖湖泊,按其常年肥源、水化学与生物学特征、渔业利用价值为分类标准,大致可分成三个类型。

(一) 清水湖 一般是大、中型湖泊,面积自数千亩至数万亩不等,水草多,水质较贫瘦,清野不彻底,放养密度很稀,鱼种投放后,一般不施肥投饵,任其利用湖中现成的天然饵料生长,到一定时间捕捞,成鱼产量(以下简称渔产量)很低,亩产仅几斤至20斤左右,属于“广种薄收”类型的养殖水体。

(二) 半清、半污水湖(以下简称半清水湖)也多是中、小型湖泊,常年有一定数量的生活污水直接或间接地自行流入湖中,水质较肥,天然饵料较为丰富,渔产量较高,一般为40—50斤/亩,最高的可达200—600斤左右,如武汉市3100亩的余家湖在1955年及1977年渔产量已分别达到每亩210斤及630斤,在22年内渔产量增长了二倍,这与同期湖周的工厂、机关、学校及居民数量逐年增多,生活污水流入量相应增加密切相关,由于湖泊进一步富营养化的结果,湖泊生产力提高了,这是半清水湖向污水湖过渡的典型例子。

(三) 污水湖 面积较小,一般自几十亩起至几百亩不等,因地处城区,污水渠道近在咫尺,渔业养殖单位通过泵站或闸门,在人工控制下,常年定期引灌大量城市生活污水作主要肥源,附投青草进行精养细喂,主养鲢、鳙鱼,辅以草鱼及少量鲤、鳊、鲫等,鱼种放养密度较大,一般亩放1000尾左右,水质肥沃,高度富营养化,浮游生物数量大,渔产量高,亩产一般为500—1000斤,少数条件好的已达1500—2000斤左右,是“精养高产”类型的养殖水体,如汉口后湖

公社八一大队的2号池,1977年亩产就高达1830斤。

有必要说明:污水湖与污水养鱼池塘,只是名称上和面积大小上的不同(污水湖面积为100—200亩,污水池则为10—50亩),其性质完全相同,是一个类型。由于两者的常年肥源相同(均以生活污水为肥源)故其水质、饵料生物的种类、数量以及养鱼方法和效果等方面,也基本一致。

为了摸清武汉市放养湖泊的基本情况,掌握湖泊的生产性能和增产潜力,以更好地指导生产实践,从而能因地制宜地做好鱼种放养和生产管理工作,使渔业的稳产高产建立在科学基础上,我们在1977年9月6日曾对武汉三镇17个主要养鱼湖、塘进行了水质分析和浮游生物现存量的测算。

现仅从所调查的17个湖泊中选择有代表性的黄家湖(1万亩)、东湖(2.6万亩)、机器荡(200亩)分别作为清水湖、半清水湖及污水湖的代表,整理其数据资料,并加以比较和论述。

结果与讨论

(一) 三种不同类型养殖湖泊(以下简称三种类型湖泊)的水质状况

根据测定,三种类型湖泊的主要营养盐类氮(N)、磷(P)、及有机物的含量,以污水湖为最高,清水湖最低,如污水湖的总N量为清水湖的3.9倍,总P为2.5倍,无机P为22倍,有机

* 本文承中国科学院水生生物研究所倪达书教授审阅;浮游植物初级生产力数据由中国科学院水生生物研究所王骥同志提供;水质分析有汉口养殖场金振清、邓筑生、陈玉华三同志参加。特此致谢。

物耗氧(O₂)量近 2 倍左右。但硅酸盐(SiO₂)却相反,清水湖的含量最高,为污水湖的 1.67 倍(表 1),故清水湖中的硅藻相对数量较大,约占各种藻量总数的三分之一。

污水湖、半清水湖的水质属微碱性(pH 8.5),较肥,是浮游植物的良好生长环境;而清水湖的水质偏近中性(pH7.2)较瘦,浮游植物数量较少。

这里就以浮游植物数据来说明问题。由于污水湖的浮游植物总数庞大——8051万/升(清水湖仅为 748 万/升),故尽管污水湖硅藻的相对数量较小,仅占藻类总数的 15.5%(清水湖为 34%),但其绝对数量则为清水湖 4 倍以上(1247 万/升:252 万/升),即在同一升水中,污水湖的硅藻数量要比清水湖高 4 倍(表 2)。我

们认为:清水湖水体中 SiO₂ 含量较高是清水湖硅藻相对数量较大的原因,而污水湖硅藻绝对数量大又是污水湖水体中 SiO₂ 较低的原因(大量硅藻的繁殖消耗了大量的 SiO₂),各类养殖水体营养盐含量的丰歉程度一方面通过浮游生物数量与生产量增减反映出来。反过来,浮游植物数量的增加,又会导致水体中营养盐类的下降。两者之间因果关系有时从表面看似很复杂,但实际上还是一致的。

污水湖营养盐类含量特别高的主要原因,一是其主要肥源——生活污水本身就含有丰富的营养盐类,二是坚持常年引灌,营养盐类借此不断得到补充,三是污水湖中水草很少,无高等植物与浮游生物竞争水中营养盐类,故污水湖水质的肥度(浮游生物丰度与 N、P 等营养盐类

表 1 三种不同类型养殖湖泊水质情况分析表 测定日期:1977.9.6.(下同)

| 湖名 | 湖型 | 天气 | 气温(°C) | 水温(°C) | 水深(米) | 有机物耗氧量(毫克/升) | 总氮(毫克/升) | 氨氮(毫克/升) | 总磷(毫克/升) | 无机磷(毫克/升) | SiO ₂ (毫克/升) | O ₂ (毫克/升) | pH | 酚(毫克/升) | 六六六(毫克/升) |
|-----|-----|----|--------|--------|-------|--------------|----------|----------|----------|-----------|-------------------------|-----------------------|------|---------|-----------|
| 黄家湖 | 清水 | 晴 | 31 | 32 | 1.2 | 23.08 | 0.40 | 0.34 | 0.625 | 0.035 | 6.25 | 11.9 | 7.2 | 0 | 0.0023 |
| 东湖 | 半清水 | 晴 | 31 | 32 | 3.3 | 21.61 | 0.45 | 0.18 | 2.29 | 0 | 2.4 | 7.9 | 8.52 | 0.002 | 0.0006 |
| 机器荡 | 污水 | 晴 | 31 | 32 | 5.5 | 42.49 | 1.57 | 0.40 | 1.57 | 0.77 | 3.75 | 8.1 | 8.45 | 0.0036 | ~ |

含量)易于保持相对稳定

(二) 浮游植物的生产量、现存量与种类组成(表 2)

从表 2 可以看出:

1. 三种类型湖泊的浮游植物初级生产力,以污水湖为最高、半清水湖次之、清水湖最低。如机器荡的浮游植物表层生产量为 34.29 毫克 O₂/升·日,分别为半清水湖、清水湖的 16.6 倍

表 2 三种类型湖泊浮游植物的生产量、现存量与种类组成

| 湖名 | 湖型 | 表层生产量(毫克 O ₂ /升·日) | 属、种数 | | 现存量(万/升) | 相对百分数(%) | | | | | * 主要优势种 | | | | |
|-----|-----|-------------------------------|------|----|----------|----------|----|------|------|-----|--------------------------------|---------------------------------|----------------|-------------------------------|----------|
| | | | 属 | 种 | | 蓝藻 | 绿藻 | 甲藻 | 硅藻 | 裸藻 | 蓝藻 | 绿藻 | 甲藻 | 硅藻 | 裸藻 |
| 黄家湖 | 清水 | 1.7 | 37 | 49 | 748 | 45 | 20 | 0.3 | 34 | 0.7 | 铜绿微囊藻、拉氏拟鱼腥藻、林氏藻、湖生颤藻、鞘丝藻 | 直角十字藻、湖生卵囊藻、月牙藻 | 飞燕角甲藻 | 孟氏小环藻、颗粒直链藻、针状菱形藻、膜片菱形藻、二列双菱藻 | 针形裸藻 |
| 东湖 | 半清水 | 2.07 | 34 | 41 | 368 | 18 | 66 | 4.3 | 10 | 1.7 | 铜绿微囊藻、拉氏拟鱼腥藻、细蓝藻、无带蓝藻、纤维藻、湖生颤藻 | 粗卵囊藻、直角十字藻、斜列栅列藻、双形栅列藻、月牙藻、艾氏衣藻 | 虫蚀隐藻、诺氏蓝藻 | 孟氏小环藻、颗粒直链藻、新月菱形藻、膜片菱形藻 | 针形裸藻、小裸藻 |
| 机器荡 | 污水 | 34.29 | 22 | 29 | 8051 | 13.7 | 46 | 23.5 | 15.5 | 1.3 | 蓝绿平裂藻 | 月状蹄形藻、月牙藻、四尾栅列藻、双列栅列藻、四足十字藻 | 虫蚀隐藻、诺氏蓝藻、卵形隐藻 | 缠绕小环藻、新月菱形藻、库氏菱形藻、尺骨针杆藻 | 卵圆定形裸藻 |

和 20.2 倍, 各类湖泊初级生产力的变幅如此之大, 主要原因在于它们的藻类数量与营养盐类含量差距大。

2. 三种类型湖泊浮游植物组成, 以清水湖种类为最多, 半清水湖次之, 污水湖最少。污水湖种类少的原因, 是由于其常年肥源充足, 生境相对单一, 少数几种微型藻类(如硅藻及甲藻(隐藻)类中的某些种类)得以迅速繁殖并在种间竞争中占压倒优势。清水湖以蓝藻为主, 占各种藻类总数的 45%, 污水湖则以绿藻为主,

占 46%, 半清水湖是中间类型, 各湖条件不一, 无一定规律。清水湖的蓝藻比例特大, 食用价值较低, 又易败坏水质, 而污水湖则绿藻比例大, 且具较高的光合效率, 藻类对水体的增氧作用也就较大, 能长年累月像增氧机般有效地改进着水质, 有利于鱼类摄食与生长, 这是污水湖渔产量较高的又一原因。

浮游植物现存量与渔产量之间存在着明显的正相关, 三种类型湖泊的浮游植物现存量, 以污水湖为最高——8051万/升, 为清水湖的 10.7

表 3 三种类型湖泊浮游植物优势种群大小的比较

| 浮游植物优势种 | | 黄家湖 | | 东湖 | | 机器荡 | |
|---------|---------------------------------------|---------------------|--------------|---------------------|-------------|----------------------|--------------|
| 门 | 种 类 | {长或微米 宽直径(μ) | 平均(μ) | {长或直径(μ) | 平均(μ) | {长或直径(μ) | 平均(μ) |
| 蓝藻 | 铜绿微囊藻 <i>Microcystis aeruginosa</i> | 直径 6~15 | 13 | 直径 4~12 | 0 | | |
| | 蓝绿平裂藻 <i>Merismopedia glauca</i> | 直径 5~6 | | 直径 3~4 | | 直径 2~3 | |
| 绿藻 | 四足十字藻 <i>Crucigenia tetrapedia</i> | | | 宽 9 | | 宽 4~9 | 6 |
| | 直角十字藻 <i>C. rectangularis</i> | {长 5~6 宽 4~5 | | {长 5~6 宽 4 | | {长 4.5 宽 3.5 | |
| | 小型卵囊藻 <i>Oocystis parva</i> | | | {长 8~12 宽 6~9 | 11 | {长 6~8 宽 4 | |
| | 浮球藻 <i>Planktosphaeria gelatinosa</i> | 直径 25 | | 直径 15~25 | 20 | | |
| 藻 | 毕氏月牙藻 <i>Selenastrum Bibrainum</i> | 长 18~20 | | 长 9~18 | 14 | {长 8~15 宽 3~4 | 9.6 |
| | 四尾栅列藻 <i>Scenedesmus quadricauda</i> | {长 12 宽 4 | | {长 18 宽 5 | | {长 8~15.3 宽 3~4 | 11.1 |
| 甲藻 | 诺氏蓝隐藻 <i>Chroomonus Nordstedtii</i> | | | {长 15~18 宽 7~10 | 17 9 | {长 9.2~12.2 宽 6~8 | 9.7 6.5 |
| | 卵形隐藻 <i>Cryptomonas ovata</i> | | | | | {长 15~40 宽 9.2~20 | 27.6 14.6 |
| 藻 | 飞燕角甲藻 <i>Ceratium hirundinella</i> | 长 133~150 | 142 | 长 123~210 | 174 | | |
| 硅藻 | 孟氏小环藻 <i>Cyclotella Meneghiniana</i> | 直径 16~24 | 21.3 | 直径 12~21 | 14 | 直径 10~14 | 11.5 |
| | 膜片菱形藻 <i>Nitzschia palea</i> | {长 30~50 宽 3~4 | 44 | 长 25~50 | 38 | {长 20~30 宽 2~3 | 25.6 |
| | 新月菱形藻 <i>N. closterium</i> | | | {长 49~123 宽 3~6 | 80.2 4.6 | {长 34~73 宽 2~4 | 60.7 3.4 |
| 裸藻 | 卵圆形形裸藻 <i>Lepocinclis ovum</i> | {长 25~42 宽 12~24 | 36.1 14.6 | {长 30~42 宽 10~14 | 35 12.1 | {长 24~28 宽 8~12 | 26 9 |
| | 针形裸藻 <i>Englena acus</i> | {长 65~74 宽 12~14 | 72 | {长 65~75 宽 10~15 | 70 | | |

倍,结合该年的渔产量来看,污水湖亩产成鱼1576斤,为清水湖的70倍(黄家湖为22斤/亩)、半清水湖的30倍(东湖为50.7斤/亩),从上述对比可得出一条基本概念:由于城郊湖塘鱼种投放比较充分,渔业管理较好,湖泊渔产量的高低,主要取决于鱼类的饵料基础——浮游生物的质与量。

三种类型湖泊都各有一套浮游植物优势种,其个体大小、形态特征与营养价值都各不相同,并有一定规律性,现阐述如下:

清水湖的浮游植物优势种,一般个体较大,多为大、中型藻类,如群体(如微囊藻)及丝状体(如鱼腥藻、胶鞘藻、直链硅藻)种类较多,不易被鲢、鳙消化的藻类(如蓝藻)多,能利用率低。污水湖恰恰相反,其优势种一般个体较小,绝大

部份为微细型藻类,易被鲢、鳙消化的藻类(如隐藻、硅藻)多,能利用率高(可达各种藻类总数的40%以上)。半清水湖属于中间型,因其兼有清水湖与污水湖的特征,故浮游植物种类既有清水湖的优势种,又有污水湖的优势种,即使在同一湖中,各湖区的水质与浮游生物组成差异也较大:例如接近主要污染源的湖区甲藻较多,此况类似污水湖,远离污染源的敞水区蓝藻较多,又类似清水湖。同一种藻类,在污水湖的个体要比在清水湖或半清水湖的个体为小(表3)。这与污水湖营养盐类丰富、繁殖速率较快密切相关。

(三) 浮游动物的组成

三种类型湖泊浮游动物的组成,基本规律同浮游植物相仿,也是清水湖种类多、数量小、

表 4 三种类型湖泊浮游动物的种类组成与数量

| 湖名 | 湖型 | 属、种数 | | 数量(个/升) | | | | 生物量(毫克/升) | 优势种 | | 相对% | | |
|-----|-----|------|----|---------|-------|---------|-------|-----------|--------------------------|----------------------|------|------|---------|
| | | 属 | 种 | 原生动物 | 轮虫 | 枝角类和桡足类 | 总数 | | 原生动物 | 轮虫 | 原生动物 | 轮虫 | 枝角类和桡足类 |
| 黄家湖 | 清水 | 12 | 17 | 3600 | 2100 | 1 | 5701 | 1.7752 | 恩氏筒壳虫、河生筒壳虫、小筒壳虫、锥形拟铃壳虫、 | 刺盖异尾轮虫、针簇多肢轮虫、曲腿龟甲轮虫 | 63.1 | 36.8 | 0.1 |
| 东湖 | 半清水 | 17 | 20 | 5100 | 4500 | 0 | 9600 | 3.4227 | 恩氏筒壳虫、弹跳虫、旋回侠盗虫、栉毛虫 | 刺盖异尾轮虫、针簇多肢轮虫、曲腿龟甲轮虫 | 53.1 | 46.9 | 0 |
| 机器荡 | 污水 | 9 | 9 | 40500 | 13200 | 0 | 53700 | 10.7295 | 旋回侠盗虫、弹跳虫 | 刺盖异尾轮虫、针簇多肢轮虫 | 75.4 | 24.6 | 0 |

注:浮游动物生物量的计算方法,参照顾铁凡、倪达书等“生物量的计算方法”(《水生生物学集刊》1960年第二期p115)进行。

表 5 三种类型湖泊浮游动物优势种个体大小的比较

| 浮游动物优势种 | | 黄家湖 | | 东湖 | | 机器荡 | | 备注 |
|---------|------------------------------------|-----------------|-------|-----------------|-------|--------|-------|------------------------------------|
| 类别 | 种 类 | 长或宽(微米) | 平均(μ) | 长或宽(μ) | 平均(μ) | 长或宽(μ) | 平均(μ) | |
| 原生动物 | 恩氏筒壳虫 <i>Tintinnidium entzii</i> | 长62~184 | 139.7 | 长40~70 | 45.5 | 长36~54 | 40.2 | 1.枝角类和桡足类因数量很少,故从略。 2.系用固定标本测量。 |
| | 小筒壳虫 <i>T. pucillum</i> | 30~123 | 64.9 | 55 | | 27~42 | 36 | |
| | 弹跳虫 <i>Halteria grandinella</i> | | | 25~40 | 28.6 | 25~30 | 26.5 | |
| | 旋回侠盗虫 <i>Strobilidium gyrans</i> | 50 | | 40~60 | 48 | 30~55 | 46.6 | |
| | 双环栉毛虫 <i>Didinidium balbianii</i> | 50 | | 24~80 | 48.5 | 30~73 | 45.2 | |
| | 袋形虫 <i>Bursella gargamellae</i> | | | 40~55 | 47 | 27~60 | 40.4 | |
| 轮虫 | 刺盖异尾轮虫 <i>Trichocerca capucina</i> | 55~73 | 61.4 | 40~135 | 82.8 | | | |
| | 针簇多肢轮虫 <i>Polyarthra trigla</i> | 74 | | 50~74 | 66 | | | |
| | 曲腿龟甲轮虫 <i>Keratella valga</i> | 被甲 {长98 宽65} | | 被甲 {长84 宽48} | | | | |

个体大；污水湖则正好相反，种类少、数量大、个体小。同一种原生动物，在污水湖的个体要比在清水湖或半清水湖的个体为小。轮虫的优势种类，三种类型湖泊基本相同，枝角类和桡足类的数量和生物量都很少，还不到总数的1%（表4、表5）。

三种类型湖泊的渔业利用问题

根据上述三类湖泊理化性状和饵料基础的不同特征，现从渔业利用及提高经济效益角度出发，对不同类型水体的放养品种、放养规格、放养数量以及渔业管理上应注意的问题，提出下列几点看法：

（一）针对清水湖水草多、软体动物较丰富。浮游生物生产力低、管理差的特点，单位面积放养量大致可为50—100尾/亩左右，除放养适量的鲢、鳙外，应强调多放草食性鱼类——草、鳊鱼，其放养比例可为50%左右，加强鲤、鲫鱼的自然繁殖，草、鳊、鲤、鲫都是为群众所喜爱的名贵鱼类，只要养足养好，经济价值也很高。要加强渔业管理，注意防逃、除野，逐步提高放养鱼类的规格，放养4寸以上的鱼种，是提高回捕率、增加渔产量的主要措施之一。强调放养大鱼种，对清水湖而言，主要目的在于防逃、防敌害，对污水湖而言，由于生境较为单纯，重点只在于加快生长速度，以利轮捕轮放。

（二）半清水湖 因为它是中间类型，各湖条件不一，水草分布与浮游生物生产力差异也

较大，饵料基础不尽相同，很难得出一个统一的放养量，一般应以100—200尾/亩为宜，放养规格一定要坚持在4寸以上，放养品种鲢、鳙比例宜为6:4或7:3，生产实践证明，在该类湖泊中，鳊鱼因食料充足而生长迅速，回捕率也较高。从养殖角度出发，半清水湖，可加强管理、合理引灌，使之向污水型过渡；但如从维护城郊风景区出发，可适当控制生活污水流入，使之向清水型过渡。总之，要根据城市总体规划来确定经营方针。

（三）污水湖 由于其浮游生物生产力高、肥源丰富、水草少、面积小、易于管理等特点，重点应放在渔业的稳产高产上。

1. 通过合理引灌，适当地控制藻类数量和质量（易被鲢、鳙消化的藻类数量应力争经常保持在总数的35%以上），使高密度的养殖鱼类在整个生产季节都能均衡地得到足量的喜食藻类，以保证其快速生长。

2. 应大力加强“合理混养”这个重要环节。根据污水湖浮游生物个体小、数量多的特点，放养品种可以鲢、鳙为主，辅搭其他鱼类，单位面积放养量可为1000尾/亩左右（大规格鱼种），放养比例宜为鲢70%、鳙10—15%、草鱼10%、其他5—10%左右，增放草鱼等中、底层鱼类就能充分利用水体、挖掘增产潜力，是提高商品鱼质量和产量必不可少的一项重要措施。

（四）应注意环境保护，严格控制有毒污水流入养殖水体，以确保渔产品质量和人民健康。