

城郊养鱼高产湖塘理化特点及 生物相的分析*

陈其羽 梁彦龄 吴天惠

(中国科学院水生生物研究所)

提 要

本文报导 1973 年武汉市郊两个渔业高产湖塘的理化、生物环境特点,并分析了各类环境因素间的关系。在养殖季节中,湖水溶氧量通常在 7 毫克/升以上,总氮平均为 2.63 毫克/升,总磷平均为 0.38 毫克/升;浮游植物平均为 $2,199 \times 10^4 - 3,680 \times 10^4$ 个/升,主要为硅藻,甲藻和绿藻等小型种类;浮游动物平均为 39,200—74,318 个/升,以原生动物和轮虫为主。文中提出了各类环境因素间相互关系的方程式,定量地描述了饵料生物丰度和氮、磷的关系。

养鱼水体是一个复杂的生态系统,其鱼产量是很多因素综合作用的结果。要达到高产稳产,就必须做到“水体合理放养”^[1]即:采取综合措施,使水体中的饵料资源全面的而又合理地转化为鱼产量,达到持续高产的目的。1973 年 4 月—11 月间,我们对汉口养殖场的湖塘环境条件包括湖水理化性质、水微生物、浮游生物和底栖动物等方面作了调查研究。目的是探讨养鱼湖塘理化环境的变化规律同水体生物生产力之间的关系,为“水体合理放养”提供科学依据。

汉口养殖场对此项调查工作十分重视,并给予大力支持和配合,使我们的工作得以顺利进行。对此,我们表示衷心的感谢。

主要养鱼水体的环境条件

汉口养殖场位于武汉市江汉区,现有成鱼精养面积 780 亩,包括大小不等的八个湖塘,环境大体相同。我们选择了北湖和机器荡这两个具有代表性的湖塘进行调查研究,其中又以北湖的工作做得较多。

北湖:面积约 160 亩,周围平坦,为农田和菜地。湖的南边紧靠城市生活污水渠道——黄孝河⁽¹⁾,污水从西南角的涵管流入,多余的污水可从南岸的涵管流回黄孝河。因为进出水口闸门难于完全封闭,故在非正式引灌时仍有少量污水流入。一般不进行人工施肥(但

* 参加本项工作的还有(姓氏笔划为序):刘禹霞、沈国华、陈云霞、陈雪梅、张水元、黄祥飞、冯百洲、詹发翠。

(1) 黄孝河是武汉市排污干渠,其原污水的化学组分和湖塘鱼体残毒分析详见《汉口养殖场污水养鱼的初步评价》,1975. 环境保护与水生生物研究报告,17—20第 18—23 页,湖北省水生生物研究所汇编。

在1973年7、8月间曾追施商品碳酸氢氨和过磷酸钙各400斤)。水位常年变动不大,水深约3.5米。湖泥灰黑色,厚约1米,含有丰富的有机物质。无水草。1972年养鱼亩产为770斤,1973年为557斤。

机器荡,位于养殖场之西,面积200亩,西北面有牛奶场,借此可获得一部分肥料。湖水较深,平均达4.5米左右,最深处超过5米,盛夏时期湖水有分层现象。引灌的污水系武汉市青少年宫附近下水道的污水,排灌水时均利用设在北面的同一条渠道,污水引灌在多雨季节较难掌握。本湖除定期引灌污水外,还追施部分肥料(如1973年全年投入牛粪15万斤,草11万斤)。底泥深黑色,稍有臭味,厚可达1.5米左右,无水草。1972年养鱼亩产为606斤,1973年为1,231斤。

养殖场各湖塘饲养的鱼类主要是鲢和鳙,其中鲢又占85%左右,草鱼极少。如1973年北湖放养鱼种计13.47万尾,其中鲢为11.4万尾。机器荡放养22.35万尾,其中鲢为19.3万尾,鳙为2.45万尾,草鱼只有1万尾。此外尚有少量鲤、鲫、密鲴等。凶猛鱼类很少,只有少数翘嘴鲌,估计危害不大。

结果与分析

(一) 湖水理化条件

北湖的湖水略偏碱性(pH:7.7-8.4),在鱼类生长季节,表层水温在20°C以上。最高水温在7-8月间,达33-34°C(图1)。

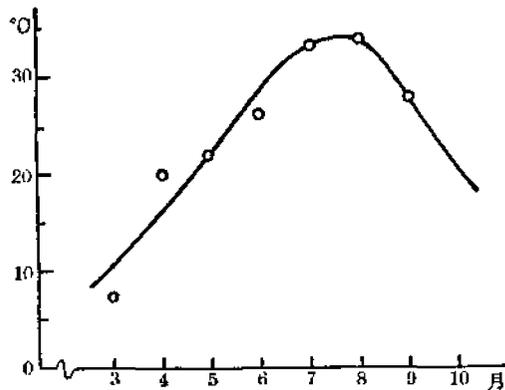


图1 1973年北湖表层水温的逐月动态

表层湖水中的溶解氧一般保持在7毫克/升以上(图2)。不因水温的季节变动而出现周期性的变化。影响溶氧量的主要因素是污水的引灌。从图2可以看出,六月份湖中的溶氧量大幅度下降,是因该月的采样是在引灌污水后60小时进行的,可见即使引灌后经历了几乎3天的时间其溶氧量仍然低于3毫克/升。

底层湖水的溶氧量较表层的溶氧量为低,一般随表层溶氧量的增减而增减(图2)。但4、8、9三个月,底层溶氧量显著下降,而这几个月正是春秋天气多变或温度最高的时候。

在生源物质方面,观测了总氮、氨氮、总磷、磷酸盐、硅酸盐、有机物耗氧量以及总硬度等七个项目。

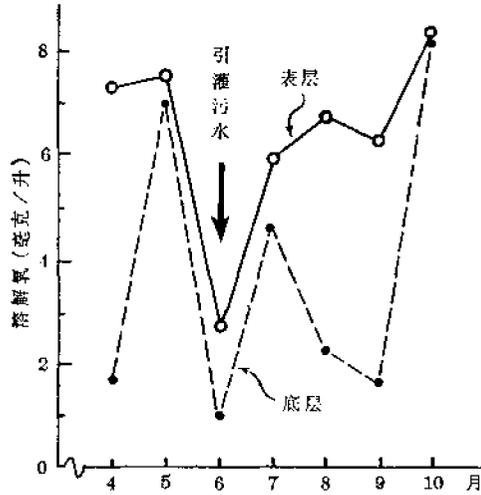


图2 北湖湖水溶氧量的逐月动态

北湖总氮的含量为 2.63(1.10—5.90)毫克/升⁽¹⁾。氨氮为 0.92(0.24—3.35)毫克/升。这两种氮素含量之间是线性相关的(图3),其关系式为:

$$\hat{Y} = 0.69x - 0.68 \quad (1)$$

式中 x 为总氮, \hat{Y} 为氨氮, 单位均为毫克/升。

图4是它们的逐月变动情况,可以看到不论是总氮还是氨氮都表现出逐月的波动性,但总趋势都表现为寒冷季节含量较高,温暖季节含量下降,盛夏时可能下降至最低值。这种现象看来与水域中的生命活动有关,但与污水引灌措施可能关系更大。

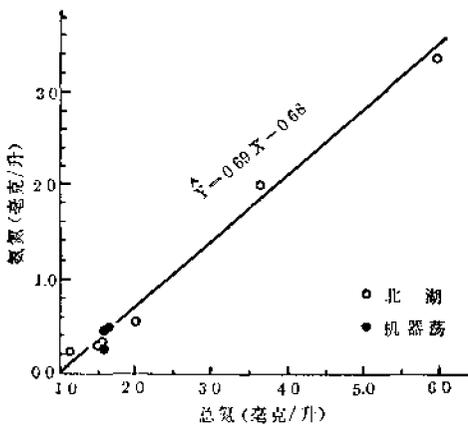


图3 湖水中总氮含量与氨氮含量之间的关系

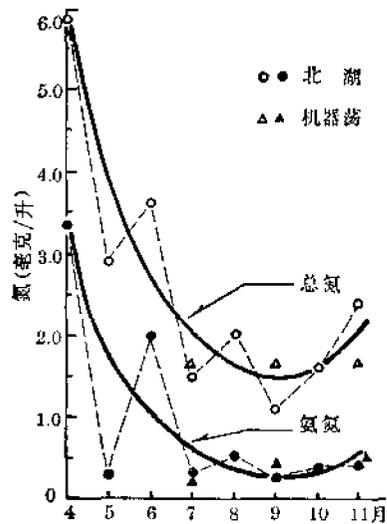


图4 湖水中氮素含量的逐月变动情况

(1) 表示: 均数(全距), 下同。

北湖湖水总磷的含量为0.38(0.052-0.958)毫克/升,无机磷为0.117(0.024-0.225)毫克/升,其季节消长规律与氮的情况相类似(图5),但机器荡的情况却不太一致,9月分磷的含量可维持较高水准(总磷为0.25毫克/升,磷酸盐为0.16毫克/升),而在11月却下降至最低值,分别为0.101毫克/升和0.011毫克/升。磷酸盐含量与总磷含量的对数值之间的关系如图6。

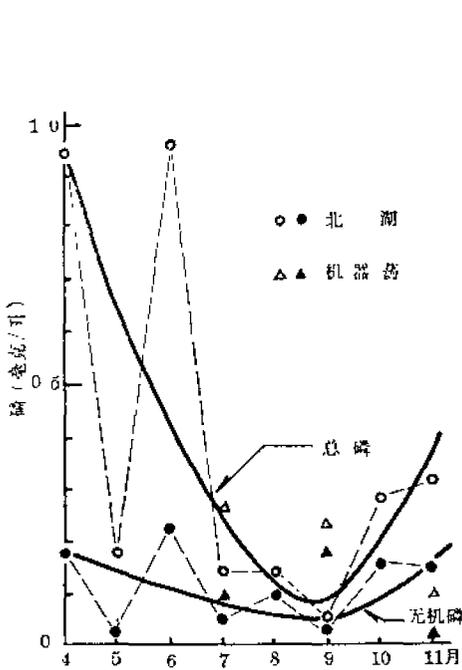


图5 湖水中磷含量的逐月变动情况

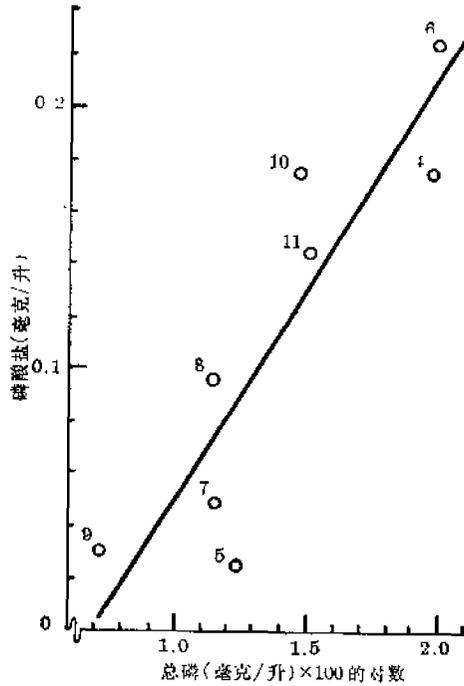


图6 北湖湖水中总磷和磷酸盐之间的关系

(二) 天然食料生物丰度及其与理化环境的关系

1. 水微生物

采样期间北湖异养细菌数量为298,500(2,350-1,770,000)个/毫升,其数量大体随

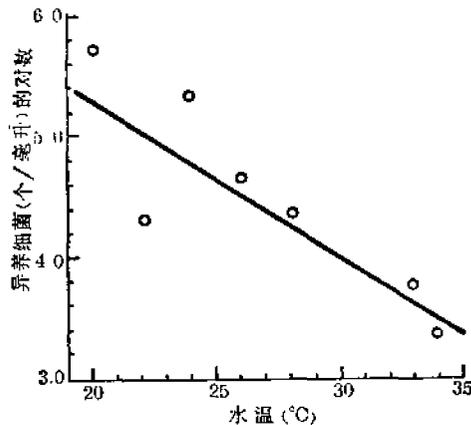


图7 北湖水温与异养细菌数量的关系

水温的升高而出现指数下降(图7)。

2. 浮游植物

观察到的种类计有 61 个属。常见的有圆盘硅藻 (*Cyclotella*), 隐藻 (*Cryptomonas*), 蓝隐藻 (*Chroomonas*), 甲藻 (*Peridinium*), 栅藻 (*Scenedesmus*), 单衣藻 (*Ghلامydomonas*), 小球藻 (*Chlorella*), 席藻 (*Phormidium*) 和平裂藻 (*Merismopedia*)。在数量上通常都保持着较高的丰度水准。例如北湖, 浮游植物数量达 $2,199 \times 10^4$ ($840 \times 10^4 - 3,460 \times 10^4$) 个/升。机器荡中, 根据 3, 7, 9, 11 四个月的调查为 368×10^5 ($257 \times 10^5 - 611 \times 10^5$) 个/升。这两个水域中浮游植物的数量, 以统计学方法处理, 结果表明, 全年的平均值并无明显差别。但很值得注意是机器荡的浮游植物在鱼类生长最快的季节常保持着较高的数量, 如 7 月份的数量(约 6 千万/升)比北湖(约 3 千万/升)要高出 1 倍。这两个水体浮游藻类的组成也有一些差别。北湖以硅藻的数量最高, 占 44%, 其次为甲藻, 占 23%, 再次为绿藻, 占 21%, 而机器荡以硅藻为最高(31%), 其次为绿藻(30%), 再次为蓝藻(28%)。

比较浮游植物和主要营养元素的测定结果, 大体可以看出:

(1) 浮游植物对氮的利用存在某种“时滞”效应, 水中总氮的多寡并不立即带来浮游植物数量的增减, 这种增减必须到下一个月份才作大体上有所表现, 这可能是由于污水中所

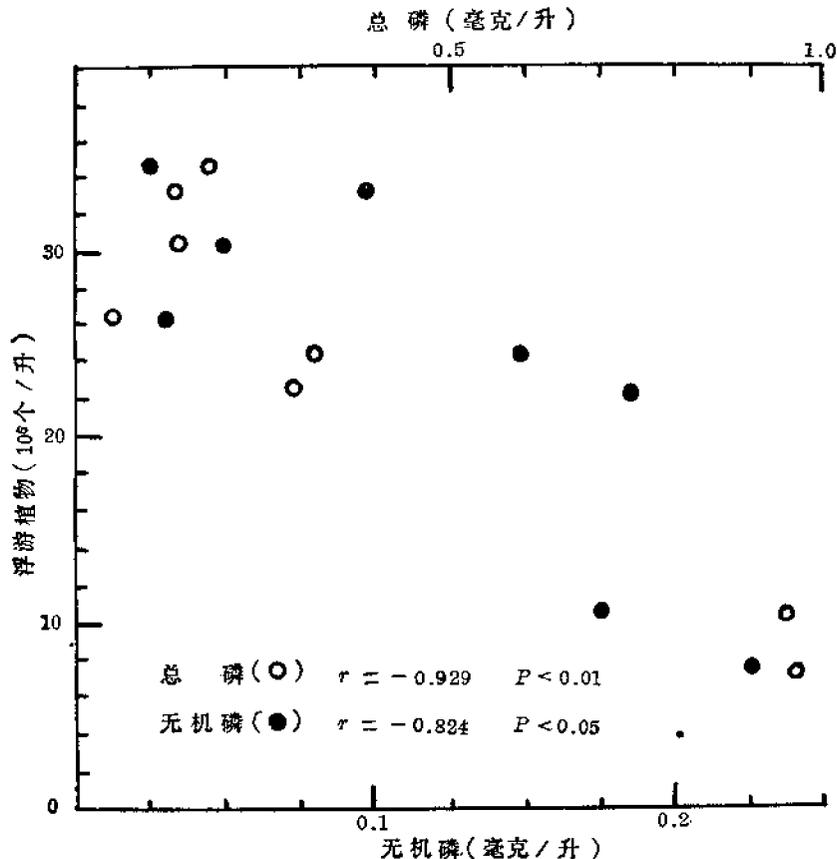


图 8 北湖湖水中磷的含量与浮游植物丰度的关系

含的氮素的组成比较复杂,一部分氮素可能是速效的,但也可能有一部分氮需要经过一定时间的分解才能为浮游植物所利用。

(2) 从图 8 可以看出,浮游植物的数量同水中磷的含量之间表现出一种相反的消长关系。出现这种情况,是由于藻类生长繁殖旺盛引起磷大量消耗的结果。Hayes 和 Coffin 等^[6] 曾用放射性磷 (P^{32}) 研究过水体中磷的循环过程,发现磷很快就被藻类大量利用的事实。Винберг^[8] 认为这种现象在浅水水体中表现得尤为明显。夏宜琚等^[1] 用栅列藻 *Scenedesmus obliquus* (Turp.) Kütz. 进行的藻类利用氮、磷的试验,也证明藻类在其生长繁殖过程中能迅速而大量地吸收磷肥,使环境中的磷含量显著下降。由此可见,图 8 所反映的现象,并非水中磷含量低使藻类数量增加,而是由于藻类生长旺盛导致磷迅速减少的结果。

(3) 当浮游植物量最多时,氮和磷的比例是一个比较合理的比例(见图 9)。众所周知,一个正常水体,氮和磷决定着浮游植物量,只有在一个合适的 N/P 比值范围内,氮和磷才能得到充分的利用。(一般认为浮游植物光合作用的氮磷比为 7.2) 根据 1973 年北湖氮、磷比例和浮游植物的数据(图 9)可以看出当 N/P 在 10—17 左右时藻类的数量最多。Bindloss 等^[4] 在研究苏格兰湖泊藻类生产量时也看到这种情况,他们提到氮、磷之比为 10—15 见于春秋两季浮游生物的高峰期间。但他们没有对此现象作出解释。比较图 4、图 5 可以看出,氮、磷在夏季虽然都出现大幅度的下降,但磷的下降尤其显著,因而使氮、磷

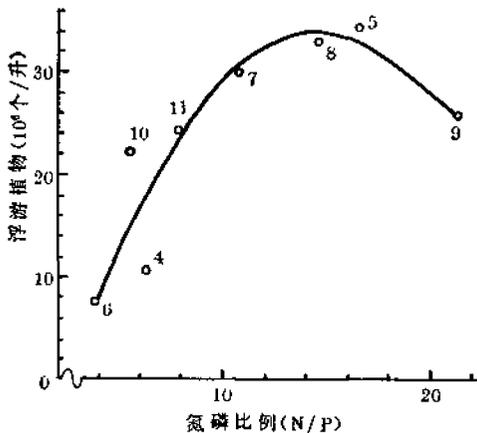


图 9 北湖湖水中氮磷比例与浮游植物丰度的关系

的比值增大了。这就是说,藻类对磷的大量利用而造成磷的减少,氮虽亦被大量利用,但其来源较富裕,结果就导致水中的氮、磷比例提高。因此,在氮源丰富的情况下,使磷保持较高的水平,就能使藻类的数量更多。机器荡的情况就是如此,在七月的藻类高峰期间,机器荡总磷含量为 0.25 毫克/升 ($N/P=6.7$),比北湖的 0.14 毫克/升几乎高一倍,其藻类数量竟达 6 千万个/升,比北湖的 3 千万个/升亦高一倍。从上面可以看出,水域中磷的含量有时是个重要的限制因素。因此,在鱼类养殖的主要季节中,在氮源丰富的水体中、适当增加磷的含量,将大大有利于天然饵料生物藻类的增长,从而带来渔获量的增加。

3. 浮游动物

常见的原生动物有弹跳虫 (*Halteria*), 狭盗虫 (*Strobilidium*), 钟形虫 (*Vorticella*), 栉毛虫 (*Didinium*), 焰毛虫 (*Askenasia*) 等; 轮虫有多肢轮虫 (*Polyarthra*), 臂尾轮虫 (*Brachionus*), 泡轮虫 (*Pompholyx*), 异尾轮虫 (*Trichocerca*) 等; 种类甚为丰富。与此相反的是甲壳动物的种类却相当单纯, 主要的如枝角类中的裸腹溞 (*Moina*) 以及数量不多的剑水溞 (*Cyclops*) 等。关于浮游动物的丰度, 北湖在调查期间 (3—11 月) 的数量为 74.318

(9,900—117,000)个/升,机器荡的数量为39,200(20,100—50,500)个/升(3、7、8、11四个月)。浮游动物数量的大小主要决定于原生动物和轮虫两者的丰度,如北湖,原生动物数量为64,958(8,100—127,050)个/升,占浮游动物总数的87%,轮虫为8,889(1,740—38,145)个/升,占12%,枝角类和桡足类数量很低(0—59个/升),两者合计还不到浮游动物总数的1%。比较北湖和机器荡的浮游动物丰度,其情况也象前述藻类数量的情况那样,浮游动物在调查期间的平均数量并没有显著的差异。

浮游动物数量的季节消长明显地从属于总氮的含量,从图10中可以看出,浮游动物的数量不但表现出和总氮类似的那种夏季降低的总趋势,而且还随总氮含量的逐月波动而出现同步的波动。这种现象看来必须用原生动物和轮虫二者对氮的迅速反应来解释,很可能这两类动物在营养上大量依赖于污水中存在的有机物颗粒。由于这两类动物在整个浮游动物群落中所占比例极大,因此它们的反应实际上也就代表了浮游动物的反应。对甲壳类的分析表明它们的数量与氮的含量之间缺乏明显的关系。

4. 底栖动物

北湖和机器荡都进行过三次(3、6、9月)采样。就密度而言,北湖为1,117(358—2,128)个/米²,机器荡为141(48—235)个/米²,就生物量而言,北湖为2.438(0.520—3.677)克/米²,机器荡为0.402(0.008—0.795)克/米²,这两个湖的底栖动物主要是污水水域中常见的水蚯蚓,摇蚊幼虫只占少数。在一般湖泊中常见的螺蚌在北湖和机器荡的大部分区域中是不存在的。由于水的深浅是底栖动物的重要限制因素,因此,底栖动物在较浅的北湖中的现存量比机器荡高一些。但若与一般的湖泊对比,不论北湖与机器荡,除水蚯蚓等污水性种类在数量上较多以外,其他底栖生物都很贫乏,特别是缺少螺蚌等大型种类,故底栖生物的总生物量很低。

将污水养鱼湖塘的环境条件与长江中下游浅水湖泊的情况作个对比,我们用武汉东湖的一个水质最肥的湖汉——水果湖区的主要理化及食物的数据与北湖的相应数据列表于后,以资比较。

附表中的数值都是平均数(点估计量),考虑到在进行区间估计时的离差很大,故曾将北湖和东湖水果湖区的数据专门做过均数比较的统计分析,分析表明它们之间存在着明显的差别(北湖和机器荡的差别却往往不明显)。水果湖区是东湖中最“肥”的一个湖汉,这个湖汉也经常有生活污水流入,但流量小,并缺乏人工的引灌,结果其营养元素及饵料生物水准都低得多。从表1中可以看出,以引灌污水为基础而得到合理开发的北湖在生

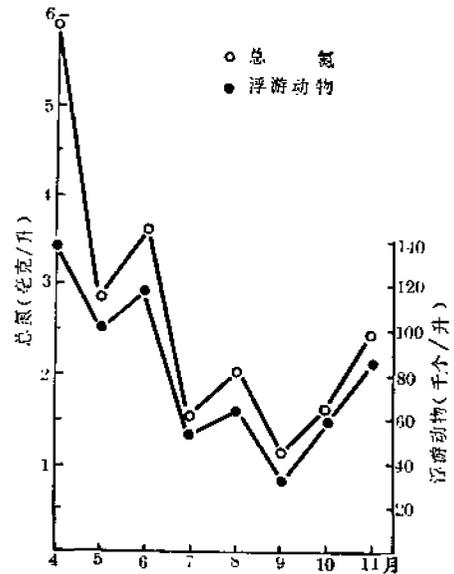


图10 北湖浮游生物的消长及其对总氮的从属趋势

附表 1973 年北湖和东湖 I 站(水果湖区)

项 目 水 体	生 源 物 质 (毫克/升)							水微生物 (个/毫升)	浮 游	
	总 氮	氨 氮	总 磷	无机磷	有机物 耗氧量	硅酸盐	总硬度 (德国度)	异养细菌	硅藻	蓝藻
北湖	2.63	0.92	0.38	0.117	8.89	6.71	9.11	298,500	11,432,261	1,905,953
东湖(I站)	1.89	0.53	0.05	0.019	3.71	5.70	5.76	3,750	1,836,269	1,147,167

源物质方面比水果湖区要高 1—5 倍；浮游生物方面要高 2 倍以上；在微生物方面可高达 70 倍。如果和东湖的开敞水面相比，则几乎要高出十几倍甚至几十倍。

(三) 关于水质的指标问题

1. 水中总氮含量的标准

污水的引灌量指标的求得方法，我们认为，首先是找到浮游生物数量达到最高峰时主要生源物质的含量标准。分析如下：

在浮游植物方面，我们在上文中谈到过总氮对藻类的影响包含着“时滞”，因为氮的循环比磷的循环慢^[4]，这样将同一个月分的总氮对浮游植物作图，便不能完全反映它们的相关性，只有用某月的总氮含量对后一个月藻类数量相应作图，才能揭示两者的相关性。

从图 11 中可以看出，随着水中总氮含量的增加，浮游植物的数量亦有所上升，但上升

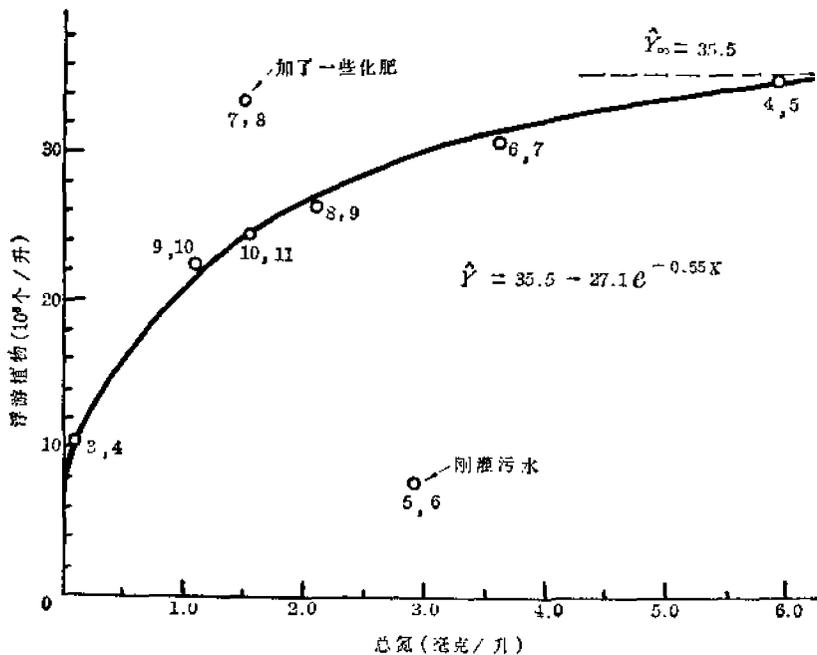


图 11 北湖总氮含量与浮游植物丰度的关系

生源物质及食料生物定量观测的比较

植 物(个/升)		浮 游 动 物(个/升)				底栖动物(密度:个/升与生物量:克/米 ²)					
纤 藻	甲 藻	原生动物	轮 虫	枝角类	桡足类	水 蛭 蚓		掘 蚁 幼 虫		蚌 蚌	
						空 壳	生 物 量	密 度	生 物 量	密 度	生 物 量
4.559.253	3.774.992	64.958	8.889	5.8	19.7	1.063	1.501	54	0.937	0	0
1.175.283	1.484.414	20.525	2.858	27.6	31.2	182	5.167	1.045	2.058	67	249.5

速度逐渐减慢,当总氮的含量增加到很高的水准时,浮游植物的数量便接近一最高值,其极限数值(Y_{∞})的理论值为 35.5 百万个/升左右。对于北湖的这个过程,可用下列经验公式来表达,即:

$$\hat{Y} = 35.5 - 27.1e^{-0.55x} \quad (2)$$

式中 x 为 n 月的总氮含量(毫克/升); \hat{Y} 为 $n+1$ 月可能出现的浮游植物数量(10^6 个/升)。

根据上面的分析,可以确定出总氮含量的标准。即当总氮到达 6 毫克/升时,浮游植物的丰度已相当接近于极限值。用式(2)进行计算得:当总氮为 6 毫克/升,浮游植物可达 34.5 百万个/升,相当于极限值的 97%,当总氮达 8 毫克/升时,浮游植物可达 35.2 百万个/升,相当于极限的 99%。可见,当总氮含量达到 6—8 毫克/升时,便足以使浮游植物达到最高峰,继续增加含氮量即便能使藻类数量略增,但已效果不大。

总氮含量与浮游动物的数量之间的关系又是怎样呢?前面讲过,在浮游动物中占优势的原生动物和轮虫对含量迅速作出反应,因此,浮游动物的消长明显从属于当月总氮含量的变动(图 10)。今将图 10 稍作改变便得出图 12。可以看到,浮游动物的数量也是随总氮的增加而增加的。不过其趋势较近于一条 S 形曲线罢了。这样的曲线同样有理论极限数值(Y_{∞}),即每升水中可达 14 万个浮游动物。其经验公式为:

$$\hat{Y} = \frac{140}{1 + 11.3e^{-1.17x}} \quad (3)$$

式中 x 为总氮含量(毫克/升); \hat{Y} 为该月浮游动物数量(10^5 个/升)。

从图 12 中就可看出,当总氮的含量高达 6 毫克/升以上时,浮游动物的数量就非常接近极限值。这种情况与前述浮游植物的情况几乎没有什么差别。可见,当总氮含量达到 6—8 毫克/升时,同样足以使浮游动物数量发展至最大值。

必须指出的是,图 11、图 12 以及式 2 和式 3 仅仅是根据北湖 1973 年的采样数据而得出来的,因此难免有片面性。另外,即使营养水平相同时,浮游生物数量也会由于其他各种因素的影响以及本身的分布特性而出现大幅度的变动,因此,应将曲线和公式作为趋势来看待。这个趋势说明当总氮含量上升至 6—8 毫克/升左右时,即能使浮游生物数量发展到几乎是最高值,再增加总氮含量对浮游生物数量的增加作用不大。总氮也可根据式(2)换算成氨氮,当总氮在 6—8 毫克/升时,氨氮约为 3.5—4.8 毫克/升。这就是基本

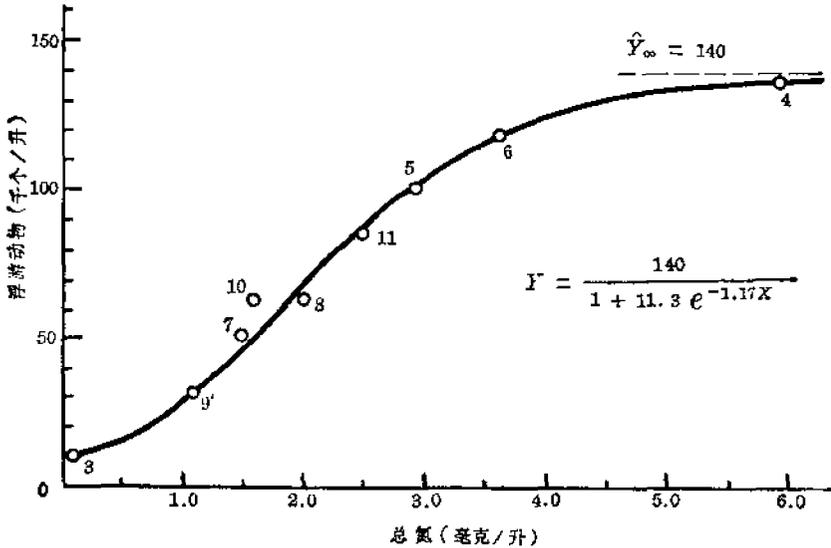


图12 北湖总氮含量与浮游动物丰度的关系

结论。后来我们注意到 Фельдман 等⁽¹⁾ 和 Мамоптова⁽²⁾ 的报告,他们认为每升水中含氮量为 3—5 毫克/升无机氮时,对鱼类增产十分有利,这与我们的结论相当符合。

我们认为,可以用水中总氮含量为 6—8 毫克/升(或氨氮 3.5—4.8 毫克/升)作为引灌污水量的指标。

2. 关于湖塘中溶氧问题

由于污水中含有大量的有机物,在分解和腐败的过程中将消耗大量氧气并释放出某些有毒物质如硫化氢等,这些都不利于鱼类的正常生活。特别是溶氧的缺乏会引起“泛塘”,这种情况在温度较高天气多变的季节尤为突出。因此探讨氧气含量的季节动态,防止“泛塘”,是污水养鱼能不能稳产高产的重大研究课题。

在前面关于北湖的理化环境条件一节中我们曾大略论述了水中溶氧的逐月变动情况(参看图 2)。为了便于作进一步的分析,我们将图 2 的资料表示如图 13 的形式。从图 13 我们可以看出,在表水层溶氧量与底水层溶氧量的关系显示出一个有意义的现象;在正常情况下,两者之间存在着明显的线性回归关系,其表达式为:

$$\hat{Y} = 1.35x - 3.02 \quad (4)$$

式中 x 为表水层溶氧量; \hat{Y} 为底水层溶氧量。单位均为毫克/升。

从式(4)可以看出,在一般情况下,表层溶解氧每下降 1 毫克/升,则底层将下降 1.35 毫克/升。当表层溶解氧低至约 2 毫克/升时,底层就会完全缺氧。因此,在了解表层溶氧量时就能大致推断底层的情况。然而,这样的关系并非经常都是有效的,从图 13 右下方虚线的几个点可以看出,在春秋天气(4、9月)以及最炎热的时候(8月),上述的关系就有

(1) 见水产文摘 1965(2):30-31

(2) 见水产文摘 1966(1):17-18

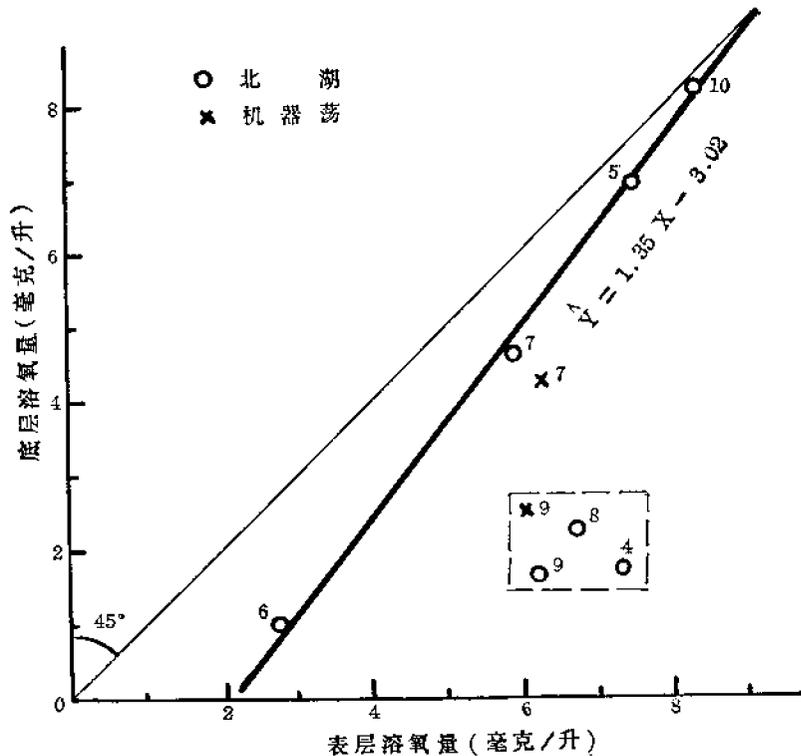


图 13 表层湖水与底层湖水中溶氧量(毫克/升)的关系

可能遭到破坏,这时表层的溶氧量并不低,而底层的溶解氧却不见到丰富,这样,溶解氧就将成为放养鱼类的限制因素,如果情况继续恶化下去,就可能造成“泛塘”。从图 13 中可以看出,这样的情况不但出现于北湖,而且也见于机器荡。看来这样情况在较深的养殖湖塘(3 米以上)中是带有普遍性的。因此,在春秋季节以及在最炎热的时候,在污水养鱼的管理上要加强注意,防止氧气条件恶化。

小 结

1. 在湖塘养殖季节中,表层水温均在 20°C 以上,最高水温在 7—8 月间,达 33° — 34°C 。溶氧量一般保持在 7 毫克/升。底层溶氧量各月均较表层溶氧量为低,底层溶氧量随表层溶氧量增减而增减。

2. 总氮和氨氮之间有一定的比例关系。这两种氮素都表现出逐月的波动性,它们总趋势是寒冷季节浓度较高,温暖季节浓度下降,盛夏时可能下降至最低值。

3. 总磷的季节消长规律与氮的情况类似。磷酸盐和总磷含量同样有一定的比例关系,两者的对数值呈线性关系。

4. 水微生物数量大致随水温升高而出现指数下降。

5. 浮游植物的种类有 61 属,数量丰富。浮游植物对氮的利用存在某种“时滞”效应;而浮游植物对磷的利用,颇为迅速。而氮和磷的比例即当 N/P 在 10—17 左右时藻类的

数量最多。

6. 原生动物和轮虫的种类数量较为丰富,甲壳动物的种类却相当单纯,数量也很少;原生动物和轮虫数量的季节消长明显从属于总氮的含量,甲壳动物与氮的含量之间则缺乏明显的关系。

7. 底栖动物中最常见是水蚯蚓,摇蚊幼虫少,螺蚌没有发现。从总的来看,底栖动物的总生物量很低。

8. 湖水中当总氮到达 6—8 毫克/升或氨氮 3.5—4.8 毫克/升时,浮游植物或浮游动物丰度已相当接近于极限值。

9. 湖塘中的溶氧量在一般情况下,表层溶解氧每下降 1 毫克/升,则底层将下降 1.35 毫克/升。当表层溶解氧低至约 2 毫克/升时,底层就会完全缺氧,故在春秋季节以及在最炎热的时候,在污水养鱼的管理上要加强注意,防止氧气条件恶化。

参 考 文 献

- [1] 夏宜净等,1962。硅藻对氮、磷肥利用问题的研究。水生生物学集刊,1:48-54。
- [2] 湖北省水生生物研究所第四室、武汉市国营东湖养殖场,1976。武昌东湖渔业增产试验及增产原理的分析。水生生物学集刊,6(1):5-15。
- [3] 维别尔格,П.П.(章宗沛译),1965。鱼池施用无机肥料的生物学基础。鱼池施肥问题。1—44。科学出版社。
- [4] Bindloss, M. E., A. V. Hoiden, A. E. Baily-Watts & I. R. Smith, 1972. Phytoplankton production, chemical and physical conditions in Loch Leven. In Kajak, Z. & A. Hillbricht-Ilkowska, Ed.: *productivity problems of freshwaters*, 639—659. PWN-Krakow.
- [5] Hayes, F. R. & C. C. Coffin, 1951. Radioactive phosphorus and exchange of lake nutrients. *Endeavour*, 10:78—81.

PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERISTICS OF TWO HIGHLY PRODUCTIVE SMALL LAKES IN THE SUBURBS OF WU HAN SHI WITH REFERANCE TO THE ANALYSIS OF THEIR BIOLOGICAL PHASE

Chen Qiyu, Liang Yanling and Wu Tianhui

(Institute of Hydrobiology, Academia Sinica)

Abstract

This paper deals with the physical and chemical characteristics of two highly productive small lakes in the suburbs of Wuhan Shi in 1973. Some regularities concerning the relationship between these characteristics and the richness of the natural food resources are recorded. In connection with the problems that arise from the fish farming, special investigations are made with respect to some of the quantitative indexes for the adequacy of the water fertility in the small lakes. Relevant equations are proposed.

The essential analytical records are concluded as follows:

1. During the fish farming seasons, the quantity of dissolved oxygen is generally found to be 7mg/l. The oxygen content at the bottom layer is usually lower than that at the surface.

2. A proportion exists between the total nitrogen and the amount of ammonia. The seasonal fluctuation of the total phosphorus is similar to that of the nitrogen. A quantitative relationship also exists between the amount of phosphate and the total phosphorus.

3. The quantity of the aquatic micro-organisms decreases geometrically as the water temperature rises.

4. There is a high density of phytoplankton, which has a lagged effect on the utilization of nitrogen. It also bears a quantitative relationship with the change of the ratio of nitrogen to phosphate. When the water blooming occurs and the nitrogen content reaching to a sufficient concentration, the N/P is about 10—17.

5. There are also large amount of protozoa and rotatoria, and the seasonal fluctuations of their standing crops are directly related to the total phosphate content. Crustaceans are few in species and low in quantity, and shows no clear relationship to the nitrogen content.

6. The biomass of zoobenthos is quite low. There are only a few aquatic oligochaetes and chironomid larvae. No molluscs are found.

7. When the total nitrogen content is 6—8mg/l it denotes that the fertility of the water reaches to the critical value.

8. While a decrease of 1 mg/l of dissolved oxygen at the surface layer, it means a decrease of 1.35mg/l at bottom layer. So that when the amount of dissolved oxygen at the surface is as low as 2 mg/l, the oxygen of the bottom layer will be completely exhausted lack of oxygen.