

清河水库的浮游生物*

何志辉 李永函
(大连水产学院养殖系)

提 要

根据1970, 1973, 1974, 1977, 1978和1979年17次采样测定的结果, 清河水库浮游植物量平均约6毫克/升, 其中硅藻占58.6%, 甲藻占25.9%。浮游动物量平均1.95毫克/升, 其中桡足类约占44%, 枝角类约40%, 轮虫和原生动物约16%。浮游植物量上游和中游接近而远高于下游, 一般秋季高于其他季节, 但1978年夏季特别高。浮游动物量也是中游和上游通常高于下游, 夏季最高, 秋季次之。

在生物量中占优势的主要种类有: 颗粒直链藻、扭曲小环藻、隐藻、角甲藻、剑水蚤及其无节幼体、象鼻溞、长刺溞、多肢轮虫等。

文中讨论了浮游生物分布和变化的某些规律和水库的营养类型及鲢鳙鱼的生产潜力。

辽宁铁岭地区清河水库是在1959年建成的一座防洪、发电和供工农业用水的大型水库, 从1963年开始在库中养鱼以后, 产量逐渐上升, 1971—1973三年平均亩产达到18斤, 最高年份达到25斤/亩。最近几年因鱼种放养未跟上, 产量大幅度下降, 今后应加强高质量鱼种的投放和合理捕捞。但是放养标准和年捕鱼量都应该以水体的鱼生产力, 特别是饵料基础为依据。清河水库属河川型山谷水库, 水较深, 水草和底栖动物都较少, 鱼类的饵料基础主要为浮游生物, 放养鱼类以鲢鳙为主, 因此研究清河水库浮游生物, 不仅有助于探讨清河水库本身的渔业潜力和合理利用, 对于北方同类型水库的渔业利用, 也具有参考价值。

水 库 概 况

清河水库位于辽河支流——清河的中游, 集水区面积2376平方公里, 大坝全长1622米, 最大库容971亿立方米。库面长形, 多库湾, 东西向, 总长约30公里, 宽度一般, 1—2公里。水库面积46平方公里, 相当于6.9万亩, 正常养鱼水面约4.5万亩(图1)。

库区位于暖温带半湿润区, 年降水量700—800毫米, 约60—70%集中于夏季。库区两岸山地为棕色森林土, 上游谷地为山砂土和坡淤土; 库区底质基本为坡淤土。山区植被以亘古柞林及其灌丛为主, 油松柞木林次之, 并有少量落叶松林(人工林)。

采样期间水的深度: 上游2—3米, 中游5—15米, 下游15—25米。在高水位时最大

* 工作中得到清河水库管理处的大力协助, 特此致谢。

编辑部收到稿件日期: 1981年4月13日。

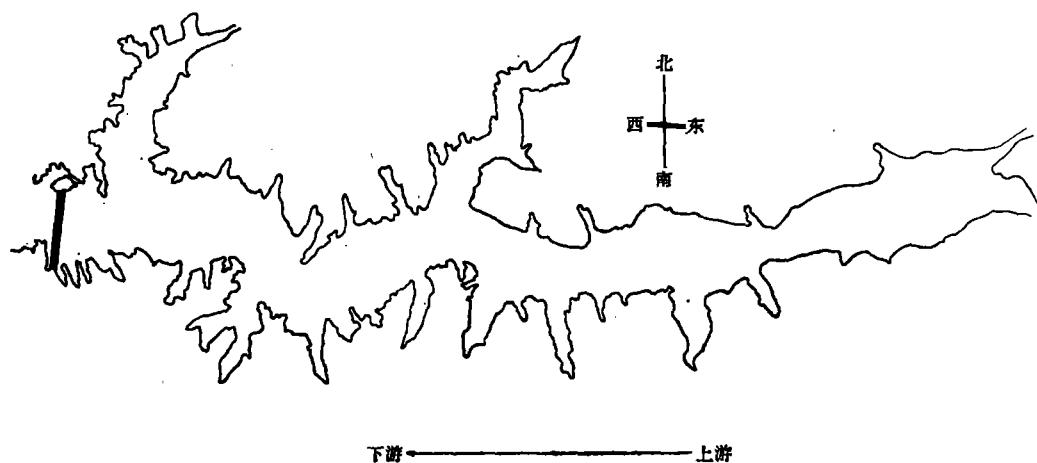


图 1 清河水库淹没区
Fig. 1 The inundated area of Qinghe Reservoir

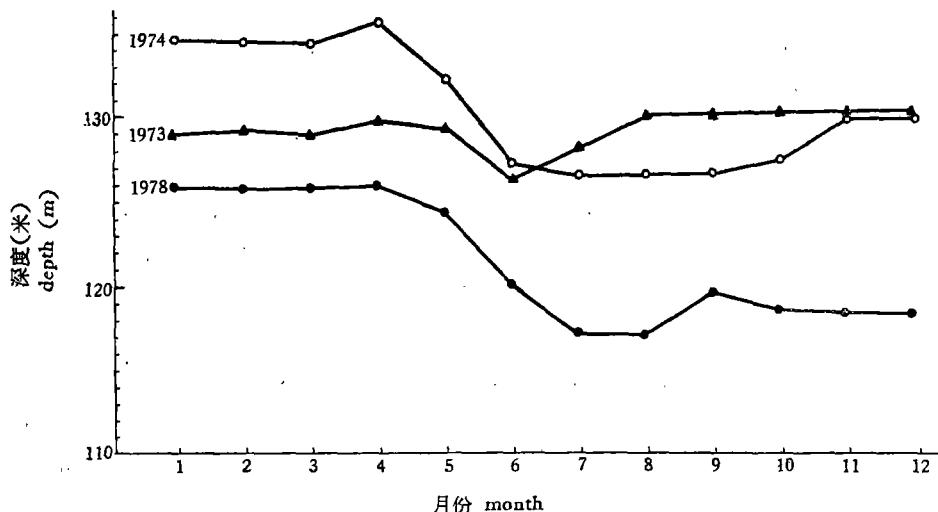


图 2 清河水库水位变化图
(最深处海拔 98.5 米)

Fig. 2 Variations of water level of Qinghe Reservoir (The deepest area is 98.5m above sea level)

深度可达 30—33 米。

水位变化很大，一般在夏讯前降到最低点，夏末秋初雨季后水位开始上升（图 2）。

水的含砂量较低，一般每升不超过 100 毫克，但洪水期可达到每升几百毫克以上。

5 月下旬到 10 月中旬表层平均水温均在 15℃ 以上，最高水温一般不超过 26—27℃；一年内鱼类的生长期约有 160 天。12 月到 4 月初为结冰期，冰层厚度 72—84 厘米（1963—1972 年资料）。

在水深的下游区，夏季常出现明显的水温垂直分层现象，1970 年温跃层位于 5—15 米水层（图 3）。

水的透明度为 75—235 厘米，一般从上游向下游逐渐增大。

pH 值为 7.0—8.7，从表层向深层缓降（图 3）。

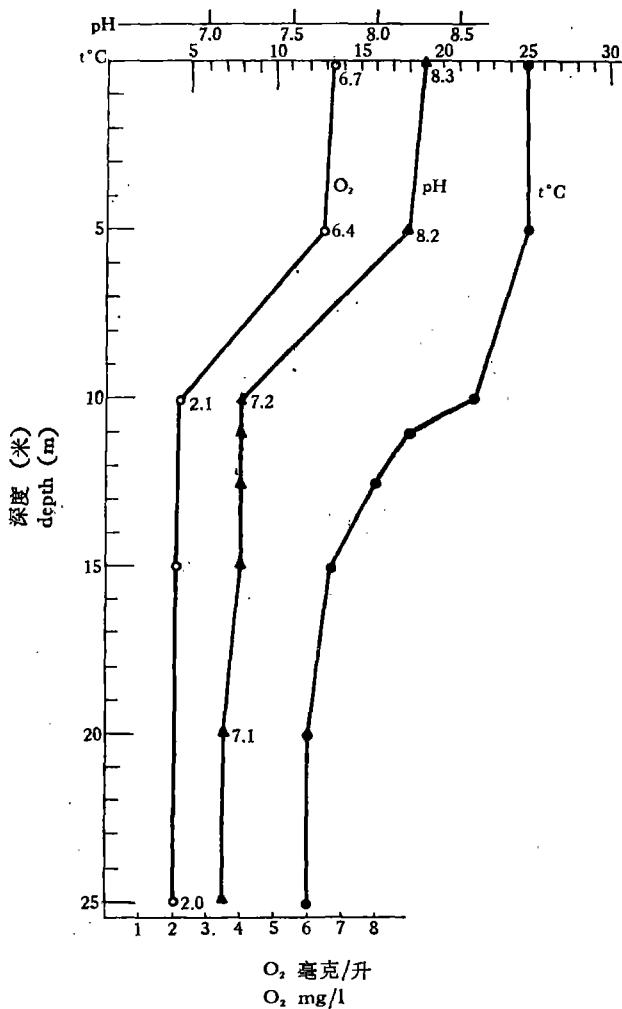


图3 清河水库夏季(1970年8月21日)
水温、溶氧和pH值的垂直分布

Fig. 3 The vertical distributions of water temperature, dissolved oxygen and pH in Qinghe Reservoir during the summer (Aug. 21, 1970)

溶氧量在表层为7—11.5毫克/升,一般在饱和率的70—80%,最高时达131%;底层在循环期亦达饱和率的50%以上,在夏季分层期有时降到12—18%(1.4—2毫克/升)(图3)。

游离二氧化碳表层常缺,深层较多,有时达到20毫克/升。

水的矿化度低于200毫克/升;阴离子以氯、碳酸根为主,阳离子以钙为主,其他重要水化学因素各季节的平均值如下:

耗氧量2.14—6.49毫克/升,磷酸盐0.003—0.021毫克/升,氨氮0.042—0.366毫克/升,亚硝酸盐氮0.003—0.007毫克/升,硝酸盐0.072—0.207毫克/升,硅酸盐1.81—4.13毫克/升,总铁0.095—0.187毫克/升。

工 作 方 法

在 1970、1973、1974、1977、1978 和 1979 六个年度进行了 17 次采样，共采取分点和分层样品 92 个。1973、1978 和 1979 三年有春夏秋或春夏秋冬的全年样品，其他年份只有两个季节的样品。

在上游、中游和下游的库中心各设一个测站，当水太浅时则在上游和中游之间——上中游（约 7 米深）和下游各设一个测站。上游仅采表层 0.5 米水样，中游或上中游在表层（0.5 米）和底层（离底 0.5 米）各采 1 个水样，有时在中游按表层、中层（6—7 米）和底层各采 1 个水样。下游每隔 5—7 米采一个水样。此外还在库湾、中游和下游沿岸浅水区不定期地采取表层样品。中游或上游水样一般混合后计数，下游水样均分层计数。

浮游植物样品系采用采水器采水 1 升，用鲁哥氏溶液固定后在室内静置 24—48 小时，浓缩至 30—50 毫升，在 0.1 毫升计数框内用 400—600 倍显微镜观察 200 视野（一般重复两次），取其平均值折算出 1 升水中浮游植物的个数（直链藻属用细胞数表示）。

上述 30—50 毫升浓缩液经 24 小时沉淀后，再浓缩至 5—10 毫升，分次共取其中的五分之一在计数框内观察全片，计算轮虫、枝角类和桡足类等浮游动物的个数。1977 年以后枝角类和桡足类（无节幼体除外）系采水 10 升用浮游生物网过滤后计数。

将计算结果所得的各种属的个数或细胞数，乘以各自的平均重量，得出浮游植物和浮游动物的生物量^[1] 并按下式计算全库的平均生物量（B 表示生物量，H 表示水深）：

$$\frac{B_{上} \cdot H_{上} + B_{中} \cdot H_{中} + B_{下} \cdot H_{下}}{H_{上} + H_{中} + H_{下}}$$

结 果

1. 总量和主要种类

(1) 浮游植物

从表 1 可见，清河水库浮游植物平均量为 5.97 (1.05—24.41) 毫克/升，其中硅藻占 58.6%，甲藻占 25.9%，其余依次为蓝藻，占 8.0%，绿藻，占 3.5%，金藻，占 2.8%，裸藻，占 1.0%。黄藻仅偶尔见到。

硅藻门生物量变动于 0.60—10.24 毫克/升之间，但除 1978 年 7 月和 1974 年 5 月以外，在全年各季节的所有样品中均占优势，其绝对值和相对值（占总量的百分比）在秋季都急剧增大。其中颗粒直链藻 (*Melosira granulata*) 是清河水库浮游植物中最常见且数量最大的优势种，从 5 月份以后就达到每升几十万到一百多万个细胞，秋季为高产期，常在 100—200 万细胞之间；最高曾达到 574 万细胞/升，为秋季浮游植物高峰的主要成份。

扭曲小环藻 (*Cyclotella comta*) 是仅次于前者的主要硅藻，一般在冬季和早春占优势，其他季节也有较多的数量。

其他常见且数量较多的硅藻有冰岛直链藻 (*Melosira islandica*)、美丽星杆藻 (*Asterionella formosa*)、舟形藻 (*Navicula spp.*)、菱形藻 (*Nitzschia spp.*) 等。

表 1 清河水库浮游植物量(毫克/升)及其组成

Table 1 Biomass (mg/l) of phytoplankton and its composition in Qinghe reservoir

年份	日期	总量	硅藻	甲藻	绿藻	金藻	蓝藻	裸藻
1970	8月31日	1.83	0.97	0.56	0.14	0.04	0.08	0.04
	9月15日	11.19	10.24	0.70	0.12	0.05	0.02	0.06
1973	4月1日	1.25	0.83	0.23	0.16	0.02	0	0.01
	7月7日	3.43	2.39	0.23	0.40	0.01	0.06	0.34
	10月17日	9.20	8.79	0.23	0.10	0.01	0.07	0
1974	5月30日	3.80	1.79	1.88	0.06	0	0.07	0
	10月7日	11.56	9.37	1.02	0.22	0.93	0.02	0
1977	2月1日	1.05	0.72	0.12	0.01	0.20	0	0.10
	9月13日	5.14	3.83	0.65	0.27	0.32	0.01	0.06
1978	4月27日	4.24	3.53	0.06	0.02	0.51	0	0.12
	7月11日	24.41	0.41	17.14	0.02	0	6.84	0
	9月15日	9.15	7.58	0.46	0.08	0.10	0.80	0.13
	11月30日	2.69	1.39	1.03	0.17	0.06	0	0.04
1979	2月17日	1.55	1.17	0.14	0.16	0.03	0	0.05
	5月12日	2.42	0.60	0.28	1.32	0.05	0.07	0.10
	7月12日	2.51	1.73	0.35	0.10	0.23	0.06	0.04
	9月11日	6.05	4.17	1.30	0.16	0.32	0.09	0.01
总 平 均		5.97	3.50	1.55	0.21	0.17	0.48	0.06

甲藻门的平均生物量一般不超过2(0.14—1.9)毫克/升,仅1978年7月因角甲藻(*Ceratium hirundinella*)的大量繁殖而突增到17.14毫克/升。隐藻(*Cryptomonas* sp.)和蓝隐藻(*Chroomonas* sp.)也是本门主要种类,两者常同时多量出现,前者个体较大,常成为生物量的优势种或亚优势种。

蓝藻门的生物量一般很低,也仅仅是1978年7月因铜绿微囊藻(*Microcystis aeruginosa*)的孽生而突增到6.8毫克/升。

绿藻门的生物量不高,但种数较多,且没有突出的优势种。常见且数量或生物量较多的有卵囊藻(*Oocystis* sp.)、栅藻(*Scenedesmus* spp.)、球囊藻(*Sphaerocystis schroederi*)、网状空星藻(*Coelastrum reticulatum*)、衣藻(*Chlamydomonas* spp.)、哈尔克空球藻(*Eudorina charkaviensis*)、空球藻(*Eudorina elegans*)等。

金藻门在秋季和早春较多,主要种类黄群藻(*Synura urella*)在秋季可达33—56万/升,冬季和早春在冰下也有一定数量。其他如鱼鳞藻(*Mallomonas* sp.)和棕鞭藻(*Ochromonas* sp.)有时数量较多。

裸藻门在平均生物量中微不足道,但裸藻(*Euglena* sp.)夏季分层期在底层样品中有时占优势,此外旋转囊裸藻(*Trachelomonas volvocina*)较常见。

黄藻门仅见到黄管藻(*Ophioctyptium* sp.)1属,数量稀少。

表2列出各季节和各区段浮游植物的优势种和亚优势种。

(2) 浮游动物

表 2 清河水库浮游植物量(毫克/升)和优势种类*
Table 2 Biomass (mg/l) and dominant forms of phytoplankton in Qinghe reservoir

季节	年·月	上 游		中 游		下 游	
		生物量	优势种类	生物量	优势种类	生物量	优势种类
春	1973.4	1.0	2			1.3	2.
	1974.5	9.3	1, 6	4.4	6.1	2.0	6.1
	1978.4	4.5	2, 1	5.6	3.2	3.5	3.2
	1979.5	2.2	6, 2	3.4	10.11	2.0	11
夏	1970.8			3.5	1.6	1.0	1.
	1973.7	13.0	4, 6	1.8	6	0.7	5.
	1978.7	14.5	7, 1	66.1	7.9	6.1	7.
	1979.7			4.5	1.2	1.6	1.2
秋	1970.9			15.6	1.	9.0	1
	1973.10	11.4	1	15.2	1.	7.5	1
	1974.10	30.8	1	13.0	1.	7.9	1
	1977.9	3.9	6, 12	6.8	1.6	4.6	1.6
	1978.9	22.5	1, 2	4.1	1.6	8.4	1
	1979.9			8.1	1.6	5.0	1.6
冬	1977.2	1.8	12, 3	0.8	2.8	1.2	2.1
	1978.11			3.7	6.2	2.2	2.
	1979.2	3.4	2, 6	2.2	2.	0.7	2.

* 1—颗粒直链藻; 2—扭曲小环藻; 3—星杆藻; 4—舟形藻; 5—菱形藻; 6—隐藻;
7—飞燕角藻; 8—蓝隐藻; 9—铜绿微囊藻; 10—空球藻; 11—卵囊藻; 12—棕鞭藻。

从表 3 可见, 浮游动物量平均为 1.95(0.18—10.51) 毫克/升, 约为浮游植物量的三分之一。其中桡足类占总量 44.1%; 枝角类占 40%; 轮虫和原生动物占 15.9%。

桡足类全年都有一定数量, 冬季和早春是浮游动物生物量的基本组分。主要种类为剑水蚤类 (Cyclopidae) 及其幼体, 镰水蚤类 (Calanoidae) 则不常见, 数量也不多。

枝角类春末开始出现, 生物量以夏季最高, 秋后下降。主要种类为柯氏象鼻溞 (*Bosmina coregoni*) 和长刺溞 (*Daphnia longispina*); 次要种类有短尾秀体溞 (*Diaphanosoma brachyurum*)、长肢秀体溞 (*Diaphanosoma leuchtenbergianum*)、长额象鼻溞 (*Bosmina longirostris*) 和模糊裸腹溞 (*Moina dubia*)。

轮虫除冬季外都有一定数量, 其高峰在秋季。最常见数量最多的为针簇多肢轮虫 (*Polyarthra trigla*), 平均每升超过 100 个, 秋季高峰有时达到 3000 个/升。螺形龟甲轮虫 (*Keratella cochlearis*) 也是主要种, 秋季曾达到 1663 个/升。

其他较常见且数量较多的轮虫有: 对棘同尾轮虫 (*Diurella stylata*)、圆筒异尾轮虫 (*Trichocerca cylindrica*)、晶囊轮虫 (*Asplanchna* sp.)、角突臂尾轮虫 (*Brachionus angularis*)、长圆疣毛轮虫 (*Synchaeta oblonga*)、奇异巨腕轮虫 (*Pedalia mira*)、沟痕泡轮虫 (*Pompholyx sulcata*) 和独角聚花轮虫 (*Conochilus unicornis*) 等。

原生动物按生物量来看是微不足道的, 较重要的种类有累枝虫 (*Epistylis* sp.)、筒壳虫 (*Tintinnidium* spp.)、似铃壳虫 (*Tintinnopsis* spp.)、砂壳虫 (*Diffugia* spp.) 和针棘匣壳虫

表 3 清河水库浮游动物量(毫克/升)及其组成

Table 3 Biomass (mg/l) of zooplankton and its composition in Qinghe reservoir

年份	日期	总量	轮虫和原生动物	枝角类	桡足类	浮游生物总量	浮游动物/浮游植物
1970	8月31日	1.29	0.28	0.63	0.38	3.12	1/1.4
	9月15日	0.84	0.29	0.40	0.15	12.03	1/13.3
1973	4月1日	0.34	0.09	0	0.25	1.59	1/3.7
	7月7日	1.78	0.40	1.04	0.34	5.21	1/1.9
	10月17日	0.86	0.31	0.30	0.25	11.06	1/11.9
1974	5月30日	2.56	0.06	1.17	1.33	6.36	1/1.5
	10月7日	2.67	0.89	0.34	1.44	14.23	1/4.3
1977	2月1日	0.37	0.01	0	0.36	1.42	1/2.8
	9月13日	2.56	0.07	1.29	1.20	7.70	1/2.0
1978	4月27日	1.10	0.25	0.07	0.78	5.34	1/3.9
	7月11日	10.51	1.89	4.81	4.01	34.92	1/3.3
	9月15日	2.05	0.10	0.46	1.49	11.20	1/4.4
	11月30日	0.18	0	0.16	0.02	2.87	1/14.9
1979	2月17日	0.56	0.01	0	0.55	2.11	1/2.8
	5月12日	0.82	0.42	0	0.40	3.24	1/3.0
	7月12日	1.26	0.08	0.71	0.47	3.77	1/2.0
	9月11日	3.19	0.09	1.82	1.28	9.24	1/1.9
总 平 均		1.95	0.31	0.78	0.86	7.92	1/3.1

(*Centropyxis aculcata*)等。

各年份各季节浮游动物的优势种和亚优势种列于表 4。

2. 生物量的分布与变化

(1) 各区段的分布

从表 2 和表 4 可见, 虽然在不同年份和不同季节的样品中, 浮游生物量在各区段的分布情况不是很有规律的, 但总的的趋势浮游植物和浮游动物量都是上游和中游较高, 下游较低。仅在春季这种趋势不明显。例如浮游植物量 1973 年早春下游稍高于上游, 浮游动物量 1974 和 1978 年春季下游均高于中游和上游, 1979 年春季下游也高于中游。

如果以各区段所有样品的平均值来比较(表 5), 则浮游植物以上游最高, 中游与之接近, 下游只有前两区的三分之一左右。浮游动物以中游最高, 上游与之接近, 下游则低得多。

(2) 季节分布

从表 2 可见, 浮游植物量通常有从春到秋逐渐增高的趋势, 但如以各年份各季节的平均值来比较(表 5), 则夏季最高, 秋季次之, 春季和冬季都低得多, 这是因为 1978 年夏季出现浮游植物特大高峰的缘故。

浮游动物量按平均值以夏季最高, 秋季次之, 春季更次之, 冬季最低。但 1979 年秋季浮游动物量显然高于夏季(表 4)。

浮游动物量和浮游植物量的比值, 各季节变化很大。春季(1/2.4)和夏季(1/2.1)接近

表 4 清河水库浮游动物量(毫克/升)和优势种类*
Table 4 Biomass (mg/l) and dominant forms of zooplankton in Qinghe reservoir

季节	年.月	上 游		中 游		下 游	
		生物量	优势种类	生物量	优势种类	生物量	优势种类
春	1973.4	2.4	1			0.1	2
	1974.5	1.6	1	1.5	2	1.7	5
	1978.4	0.5	2	0.3	7.5	1.7	1.2
	1979.5	1.0	1, 2	1.2	9	0.6	2
夏	1970.8			2.3	4	0.4	4
	1973.7	0.7	4, 2	6.4	4.1	0.7	5.2
	1978.7	6.1	1	17.2	4.3	8.6	5.4
	1979.7			1.2	4.1	1.3	6.1
秋	1970.9			2.0	4.1	0.3	4.1
	1973.10	3.1	4, 1	0.9	4	0.3	2.1
	1974.10	9.1	1, 4	1.8	1	1.5	1
	1977.9	6.1	4, 1	4.8	1.5	0.7	1.2
	1978.9	0.7	2, 8	5.0	1	0.9	4.6
	1979.9			4.5	4.1	2.6	4.1
冬	1977.2	1.4	1, 2	0.03	10	0.3	1
	1978.11			0.3	5	0.1	11
	1979.2	0.3	2	1.8	1	0	

* 1—剑水蚤； 2—无节幼体； 3—镖水蚤； 4—象鼻溞； 5—长刺溞； 6—秀体溞；
7—多肢轮虫； 8—龟甲轮虫； 9—萼花臂尾轮虫； 10—泡轮虫； 11—砂壳虫。

表 5 清河水库各区段和各季节的浮游植物量和浮游动物量(毫克/升)

Table 5 The average biomass of phytoplankton and zooplankton
in various regions and seasons.

季 节	上 游			中 游			下 游			全库平均		
	浮游植物	浮游动物	总量	浮游植物	浮游动物	总量	浮游植物	浮游动物	总量	浮游植物	浮游动物	总量
春	4.25	1.38	5.63	3.73	0.63	4.36	2.20	1.03	3.23	2.73	1.13	3.86
夏	13.75	3.40	17.15	19.25	7.10	26.35	2.35	2.75	5.10	7.88	3.78	11.66
秋	17.17	4.75	21.92	10.47	3.17	13.54	7.07	1.05	8.12	6.55	2.32	11.10
冬	2.60	0.85	3.45	2.30	0.71	3.01	1.37	0.13	1.50	1.80	0.40	2.20
年 平 均	9.44	2.60	12.04	8.94	2.90	11.84	3.25	1.24	4.49	5.37	1.84	7.21
生长期平均	11.68	3.19	14.87	11.23	3.63	14.86	3.87	1.61	5.48	6.55	2.32	8.87

于 1/2, 秋季(1/4.4)和冬季(1/4.5)接近于 1/4 (表 3)。

(3) 下游深水区的垂直分布

从表 6 可见, 夏季表层浮游植物量显著高于中层和底层, 甚至在 1978 年 7 月没有出现水温分层的情况下也是这样的。春秋循环期浮游植物量的垂直差异减小并且出现中、底层高于表层的情况 (如 1973、1978 和 1979 年秋季)。

(4) 不同年份的比较

表 6 清河水库下游浮游生物量(浮游植物/浮游动物)的垂直分布(毫克/升)
 Table 6 The vertical distribution of the plankton biomass (phytoplankton/zooplankton) in the lower part of Chingho reservoir (mg/l)

水层*	1970 年				1973 年				1974 年			
	8月21日		9月15日		7月7日		10月17日		5月30日		10月11日	
	水温 (°C)	生物量	水温 (°C)	生物量	水温 (°C)	生物量	水温 (°C)	生物量	水温 (°C)	生物量	水温 (°C)	生物量
表层	25	3.07 — 1.51	22	10.59 — 0.79	22.5	1.71 — 0.59	14.8	5.03 — 0.77	14.8	3.65 — 0.04	16	10.68 — 1.91
	22	0.12 — 0	21	8.88 — 0	14.5	0.15 — 0.98	14.8	8.96 — 0	14.7	0.24 — 0	16	5.86 — 1.03
	12	0.02 — 0	16.5	7.53 — 0	12.5	0.14 — 0.51	13.5	8.40 — 0.17	14.3	1.37 — 0	16	6.39 — 1.20
水层	1978 年						1979 年					
	4月27日		7月11日		9月15日		5月11日		7月12日		9月11日	
	水温 (°C)	生物量	水温 (°C)	生物量	水温 (°C)	生物量	水温 (°C)	生物量	水温 (°C)	生物量	水温 (°C)	生物量
表层	9	4.56 — 0.48	23.5	13.30 — 6.51	—	1.80 — 2.43	14.3	0.92 — 0.27	23	2.18 — 0.68	22	1.30 — 6.04
	7.5	2.96 — 3.61	—	2.05 — 8.90	—	5.30 — 0.13	—	1.99 — 0.55	—	1.72 — 2.10	18	8.28 — 1.69
	7	5.10 — 0.69	21	2.55 — 8.20	—	16.24 — 0.01	11.3	3.13 — 1.04	18.3	0.89 — 1.20	16	5.51 — 0

* 因水位常有变化，中层指7—10米水层。

表 7 不同年份浮游植物和浮游动物的生物量(毫克/升)

Table 7 The average biomass (mg/l) of phytoplankton and zooplankton in different years

年份	春		夏		秋		生长期平均		
	浮游植物	浮游动物	浮游植物	浮游动物	浮游植物	浮游动物	浮游植物	浮游动物	总量
1970			1.8	1.3	11.2	0.8	6.5	1.1	7.6
1973	1.2	0.3	2.8	1.8	10.2	0.9	4.7	1.0	5.7
1974	3.7	2.6			12.5	2.7	8.1	2.7	10.8
1977					5.1	2.6	5.1	2.6	7.7
1978	4.2	1.1	24.4	10.7	9.2	2.1	12.6	4.7	17.3
1979	1.8	0.5	2.5	1.3	6.1	3.2	3.5	1.7	5.2

从表 7 可见，1978 年由于出现夏季特大高峰，浮游植物和浮游动物的年平均量都远远高于其他年份；1970、1973、1974、1977 和 1979 年的差别不那么明显。由于采样次数和时间相差较大，用年平均值比较不一定说明问题，如以秋季材料相较，则浮游植物量 1970、1973 和 1974 三年很接近而以 1974 年最高，其他三年则低得多，浮游动物量 1979 年最高；1974、1977 年与之接近，1970 和 1973 两年最低。

(5) 沿岸浅水区和库湾

沿岸区和库湾浮游植物和浮游动物量的变化都比较剧烈。据 11 个样品的统计，浮游植物量变动于 0.49—22.76 毫克/升，平均 6.87 毫克/升，浮游动物量变动于 0.01—5.60 毫克/升，平均 7.75 毫克/升。从平均值来看，浮游植物量与库心区相近，浮游动物量则高得多。

在组成上浮游植物仍是以硅藻和甲藻为主，但绿藻比重较库心区稍高；浮游动物中桡足类占 66.6%，轮虫 21.7%，枝角类仅 11.7%。

此外，南岸的浮游生物量总高于北岸。

讨 论

1. 清河水库浮游生物分布和变化的某些规律

水库的浮游生物基本是由河流浮游生物形成和发展的。河流浮游植物以硅藻为主，进入水库后由于水流减慢，原来底生或附生种类首先和泥砂等悬浮物一道下沉；而浮游种类由于光照和其他条件的好转，数量迅速增多，并形成优势种群。

但是从上游向下游的流动过程中，随着水流速度的继续减弱，硅藻因细胞较重，先于其他浮游藻类而开始下沉，因而以硅藻为主的河川型水库，其浮游植物量通常显示从上游向下游递降的趋势^[7]。不过，如果上游水的浑浊度仍然较大，则浮游植物量的高峰移到中游。下游不仅由于藻类的下沉，还由于水太深养分不能及时得到补给，浮游植物量总是比较低的。

清河水库库区狭长，是典型的河川型水库，其浮游植物量下游远低于中、上游的原因就是由于直链藻、小环藻等优势种类的下沉以及水太深所致。从秋季浮游植物量的垂直分布中可以明显看出硅藻下沉的现象。从表 6 可见，1973、1978 和 1979 年秋季，中下层浮游植物量高于表层。

1973 年春季采样时间较早（4 月 1 日），当时硅藻尚未开始大量繁殖，浮游植物量基本是由冰下越冬的藻类组成，因而水库的下游反而稍高于上游。春季下游浮游动物有时较高，也是同样原因。

清河水库是一个以防洪和灌溉为主的大型水库，从春到夏由于农业用水量的增加，库水大量排放，水位降到最低点，浮游植物的数量来不及积累即随水被排出。

夏季随着农业供水量的减少，浮游植物量也开始积累，但是由于雨水的稀释，总量未见显著增多。

在春夏水位下降时期，水库上游有很大面积露出地面，附近群众常在这里抢种农作物，未种作物的地方也滋生大量野生植物。雨季后大量山洪冲入库区，从广大集水区带入

许多营养物质，同时淹没这些农作物和野生植物使之腐烂分解，形成各种有机质和生源物质，对浮游植物起了施肥的作用。此外，这时库水排放量很小，水位比较稳定，浮游植物量易于积累。这些因素结合起来，就形成了秋季浮游植物繁殖的高峰。

但是 1978 年夏季奇旱，水位降到最低点（图 2），库水停止排放。由于水较浅（下游区仅 15 米深）未出现温跃层，底层养分可以升到上层供浮游植物利用，因此浮游生物量在富养分、高水温和强光照条件下提早积累，形成特大的夏季高峰。同时优势种类也从硅藻转为喜高温、强光的静水性的甲藻和蓝藻，生物量也集中于水质最肥的中游区。从表 2 可见，这时颗粒直链藻仅在上游尚有较多数量（次优势种），中游和下游全为角甲藻和铜绿微囊藻所取代；同时中游的浮游植物量达到上游的 4 倍和下游的 10 倍多。这时，中游氨氮含量达 0.38 毫克/升，磷酸盐达 0.58 毫克/升，较夏季平均值高 3—5 倍。

浮游动物平均量在中游和上游高于下游的原因首先与浮游植物量有关，1978 年浮游动物量特高也与该年浮游植物特大高峰相一致。虽然颗粒直链藻和角甲藻等大形浮游植物不能为浮游动物直接利用，但它们的代谢产物和死体分解都能促进作为水库浮游动物的主要食物的细菌的发展。但是各大类群数量的季节变化特点则主要取决于生活史。桡足类是以成体或幼体在冰下越冬的，夏季融冰后首先开始增长成为优势种，夏秋也有相当数量；枝角类必须到春末夏初才从冬卵中孵化，由于繁殖力很强，数量迅速增长并取代桡足类而占优势。夏季浮游动物总量最高的原因也与枝角类的高度繁殖力有关。轮虫的生命周期很短，其数量主要依赖于食物条件，秋季随着浮游植物的高峰，轮虫数量迅速增长；但是由于个体较小，未能在生物量中占优势。

2. 清河水库的营养类型和鲢鳙鱼产力

清河水库浮游植物量平均约 6 毫克/升，相当于中-富营养型湖泊的水平^[2]，在种类组成上以硅藻和甲藻占优势，也显示了中营养型水体的特点；其代表种——颗粒直链藻一般认为属富营养化水体的指示种，其他优势种和亚优势种也多是富营养型或中营养型水体的习见种或指示种。从浮游植物的种、量两方面看，清河水库都是比较富营养化的，但是该水库硅藻全年占优势，除个别年份（1978 年）外，夏季未出现蓝藻水华，浮游动物量还不很高，这些情况又表现富营养化程度还有限，因此，清河水库应属中营养型水体。

据 Панов 等（1969）^[10] 的试验，保证白鲢快速生长所需要的浮游植物低限约为 4—5 毫克/升；据 Виноградов 等（1979）^[5] 的材料，保证花鲢迅速生长的浮游动物低限浓度为 3—5 毫克/升。清河水库的浮游植物量已能满足白鲢的要求，浮游动物量虽然未达到花鲢的起点浓度，但是可以从大形浮游植物中得到补偿，因此放养鲢鳙鱼是十分合适的。

前已指出，清河水库鱼产量在最高年份曾达到 25 斤/亩，其中鲢鳙占 90%。究竟象清河水库这样的中营养型河川型水库，鲢鳙鱼的单产可能达到多高水平呢？下面根据浮游植物和浮游动物量，参考有关资料作一个粗略估计。

（1）浮游植物鱼产力的估计

从表 5 可见，清河水库生长期浮游植物量平均为 6.6 毫克/升，库水平均深度约 10 米，因此每亩水面约有浮游植物 90 斤（44 公斤）。

生长期中浮游植物的 P/B 系数，在苏联的雷浜水库和基辅水库分别为 35 和 42^[3]，我

国东湖 1975 年为 1870^①。从所在地的纬度等方面估计, 清河水库生长期浮游植物的 P/B 系数可按 50 计算, 因而浮游植物生产量约为 4500 斤/亩。

最近魏玉昌等 (1980)^② 用黑白瓶测氧法估算生长期中清河水库浮游植物净产量为 3733 斤/亩, 和上述按生物量的估计值颇接近(约低 10%)。

生长期中浮游植物生产量有多少可被鲢鳙鱼直接利用尚无实验数据。一般说来浮游植物初级产量被植食动物直接利用的很难超过 10—20%^[2,4], 清河水库植食动物以鲢鳙为主, 利用率可按 20% 计算。据 BOBK (1976)^[6] 的材料, 白鲢食浮游植物的饵料系数在 30—50 之间, 清河水库浮游植物以硅藻和甲藻为主, 饵料系数应按 30 计算, 因此每亩水面浮游植物可能提供的鱼产量为:

$$4500 \times 20\% \div 30 = 30 \text{ 斤}$$

(2) 浮游动物鱼产力的估计

清河水库生长期浮游动物量平均 2.3 毫克/升(表 5), 每亩水面约有浮游动物 30 斤 (15.3 公斤)。生长期浮游动物的 P/B 系数苏联的雷浜水库和基辅水库为 32.3 和 20.5^[3], 苏联中部湖泊的平均值为 19.9^[9], 清河水库如按 20 计算, 则浮游动物年产量为每亩 600 斤。

据计算苏联里海浮游动物生产量中仅 25% 可被鱼类及其他动物直接利用^[8], 但据雷浜水库的研究^[4], 浮游轮虫、枝角类和桡足类基本上都被鱼类食用。清河水库鲢鳙鱼直接滤食的浮游动物量可能达到 50%, 饵料系数按 10 计算^[9], 因此浮游动物可能提供的鱼产量为:

$$600 \times 50\% \div 10 = 30 \text{ 斤/亩}$$

由此可见, 清河水库的浮游生物可以提供 60 斤/亩的鲢鳙鱼产量, 如果更考虑到腐屑和细菌的饵料作用(前述未被直接利用的浮游植物和浮游动物产量约可产生 4000 斤/亩的腐屑和溶解有机质), 那么潜在鱼产力还要大许多。

鉴于河流生态系中外源性有机质量常超过自生初级产量, 在河川型的清河水库中外来有机质量也是十分可观的。通常水库中细菌的生产量接近甚至超过浮游植物产量。这些腐屑和细菌除了被其他生物利用以外, 也有相当部分被鲢鳙鱼直接滤食。如果腐屑和细菌提供的鱼产量为浮游生物的一半, 那么清河水库潜在鱼产力应在 90 斤/亩以上。如果渔获量按鱼类生产量的 50% 拟定(捕 4 龄鱼), 则可能维持每年 40—50 斤/亩的高产稳产水平。据我们近年的调查, 在辽宁和吉林地区的水库中, 浮游生物量和清河水库相近的不在少数, 其鲢鳙鱼产力都有可能接近或达到这个水平, 其中渔业经营较好的如吉林的海龙水库, 几年来已达到这个稳产水平了。

参 考 文 献

- [1] 何志辉 1979。动物学杂志, (4):53—56。
- [2] Wetzel R. G., 1975. Limnology. Philadelphia London Toronto.

1) 水生生物研究所第四室饵料生物组, 1976。湖泊水库渔业增产科技资料汇编, 198—203 页。

2) 魏玉昌等, 1980。清河水库浮游植物初级生产力鲢鳙鱼生产潜力和鱼种放养量的估算。辽宁省淡水水产研究所。

- [3] Winberg, G. G., 1972. Productivity problems of freshwaters. pp. 363—381. Warszawa Krakow.
- [4] Sorokin, Y. I., 1972. Productivity problems of freshwaters: pp. 493—508. Warszawa Krakow.
- [5] Виноградов В. К. и Л. В. Ерохина, 1979. Биологические ресурсы внутренних водоемов СССР СТР. 114—125.
- [6] Вовк П. С., 1976. Биология Дальневосточных растительноядных рыб и их хозяйственное использование в водоемах Украины.
- [7] Гусева К. А. и В. А., Экзерцев, 1966. Экология водных организмов. СТР. 98—103
- [8] Карпевич А. Ф., 1975. Теория и практика акклиматизации водных организмов.
- [9] Константинов А. С., 1979. Общая гидробиология.
- [10] Панов Д. А., Сорокин Ю. И. и Л. Г. Мотенкова 1969. Вопросы ихтиологии., 9 (1): 138—152

STUDIES ON THE PLANKTON IN QINGHE RESERVOIR

He Zhihuei and Li Yonghan

(Aquaculture Department, Dalian Fishery College)

Abstract

This paper presents the results of investigation on the plankton of Qinghe reservoir during the six years: 1970, 1973—74 and 1977—79. The reservoir is located in Liaoning Province, Northeastern China, with an submerged area of 46 km and a mean depth of about 10 m (maximum depth 30—33 m).

The standing crop of phytoplankton in Qinghe reservoir during the surveying period varied from 1.05 to 24.41 mg/l, among which Bacillariophyta was the most predominant group, being 58.6% of the total biomass. Next came Pyrophyta (25.9%), Cyanophyta (8.0%), Chlorophyta (3.5%), Chrysophyta (2.8%) and Euglenophyta (only 1.0%).

The average biomass of zooplankton was 1.95 (0.34—10.51) mg/l, in which the copepoda presented 44.1%, the Cladocera—40% and the Rotifera and Protozoa—only 15.9%.

About 40 dominant or most common forms occur in the reservoir. The most important species of them are: *Melosira granulata*, *Cyclotella comta*, *Cryptomonas* sp., *Ceratium hirundinella*, *Bosmina coregoni*, *Daphnia longispina*, Cyclopida and *Polyarthra trigla*.

In general, the biomass of phytoplankton and zooplankton is higher at the upper and middle reaches than that at the lower reach. The phytoplankton is maximum in autumn and the zooplankton is maximum in summer, but in 1978 the phytoplankton maximum shifted to summer owing to an extraordinary low water level.

In this paper the distribution and fluctuations of the plankton and the potential fish productivity of Qinghe reservoir are also discussed.