

越冬池冰下浮游生物的研究*

李永函

(大连水产学院)

邱日彬 郭继娥 李洪武

(黑龙江水产研究所) (黑龙江水产学校)

提要

越冬池冰下浮游植物主要由光甲藻、隐藻、小环藻、壳虫藻、衣藻、棕鞭藻等优势属组成,重点试验池平均生物量为 38.8 ± 13.06 毫克/升。与明水期相比其种数较少而现存量不低;原生动物、桡足类和轮虫类构成冰下主要浮游动物。重点池平均生物量为 6.21 ± 6.52 毫克/升,其中轮虫量最高。

冰下浮游植物量各水层不同,86.7%的越冬池表层多于底层,另13.3%底层多于表层。

光甲藻等鞭毛藻有明显的昼夜垂直移动。

冰下浮游生物量有月变化和年变化,文中分析了引起这些变化的生态因素,同时探讨了与生物增氧有关的几个问题。

早在40年代,在美国密歇根的一些湖泊就曾观测过冰下理化和生物情况^[10],60—70年代以来随着对极地和高山湖泊湖沼学研究的发展,已经肯定冰下浮游植物的存在及其光合作用对冰下溶氧的影响。我国水产界也曾有人根据扫雪对鱼类越冬有益的经验,认为冰下浮游植物可能进行光合作用^[6]。但是由于缺乏必要的数据,这一推论没有引起人们的足够重视,有些地区当越冬池溶氧达到过饱和时,甚至误认为是“假氧”。

基于上述情况,1977年冬季,我们对东北地区部分越冬池进行了一次调查,结果表明:在明冰下的确存在着相当数量的浮游植物,并能进行正常光合产氧^[3]。但当时尚未触及数量变化和浮游动物的情况。1979—1981年连续三个冬季,我们又结合鱼类越冬问题,比较详细地对东北地区一些越冬池冰下主要浮游生物的种、量及其变化规律进行了研究。

池塘条件和工作方法

1979年冬—1982年春先后选用哈尔滨市郊区的西郊渔场、金山堡鱼种场、黑龙江水

* 参加工作的还有王照明、鲍建平、郑淑芳、邱发春、白银伟等同志。

本研究工作得到何志辉教授和魏立贤副研究员的指导;在论文撰写过程中又得到何志辉教授多方面的帮助;史为良副教授审阅全文并提出宝贵意见。在此一并致谢。

1984年4月15日收到。

产研究所松浦试验站、黑龙江省水产学校试验场、哈尔滨市水产研究所渔场等所属 14 个鱼类越冬池做为重点试验池,从每年 11 月上旬至翌年 3 月下旬,连续观测 3 年,每月采样 1—3 次,共取水样 279 个;又分别在佳木斯市郊区、吉林市舒兰县沙河子水库和大连市金州等地,选用 12 个越冬池做为非重点试验池,测定时间不定,共取水样 55 个。重点池冰下水深多超过 2 米,越冬初期实行排水清塘或换水,水源为深井水,非重点池冰下水深一般只有 1 米左右,多用培育池老水亦很少清塘,越冬池水源为水库水或普通井水。各试验池冰质除 1981 年沙河子水库各池结乌冰外,其余为明冰或半明冰。

封冰后各池及时扫雪。采样时在池中心打一直径约为 50 厘米的冰孔,用容积为 1 升的玻璃采水器分别采表、底层(离表底各约 10 厘米)的浮游植物水样,当场用鲁哥氏液固定后带回实验室,经 24 小时静置、沉淀,再用虹吸管浓缩成 50—100 毫升,首先按内陆水域渔业自然资源调查试行规范(下称规范)进行浮游植物定量,再浓缩到 10 毫升进行小型浮游动物定量。桡足类成体是用容积为 2 升的圆铁筒采水器分别取表、底层水各 10 升。用 18 号筛绢过滤,计算方法按规范。

浮游生物的出现率,以各种类在每次水样中出现的频率计。

池水透明度测定是用直径 20 厘米的透明度盘,在打开冰孔后立即测定,有时在采完中、底层水样后分别再测一次。

浮游植物生产量和日 P/B 系数是采用黑白瓶测氧法测定日产氧量,再按 1 毫克氧=6.1 毫克浮游植物鲜重的标准换算成日生产量^[1],并根据现存量算出日 P/B 系数。

结 果

(一) 主要种类和生物量

1. 浮游植物

在哈尔滨等地的越冬池中共观察到浮游植物 30 余属,但比较常见或形成优势种群者只有 10 余属(表 1)。

从表 1 可见,重点池冰下最常见的浮游植物是:衣藻 (*Chlamydomonas*)、隐藻 (*Cryptomonas*)、蓝隐藻 (*Chroomonas*)、光甲藻 (*Glenodinium*)、壳虫藻 (*Trachelomonas*)、小环藻 (*Cyclotella*)、棕鞭藻 (*Ochromonas*) 等属。非重点池中光甲藻、隐藻等大型鞭毛藻出现率比重点池低;绿球藻类变化不大;菱形藻、曲壳藻 (*Achnanthes*) 等小型硅藻还有所增加。

表中所列绿球藻类包括小球藻 (*Chlorella*)、栅藻 (*Scenedesmus*)、网球藻 (*Dictyosphaerium*)、四角藻 (*Tetraedron*)、纤维藻 (*Ankistrodesmus*)、卵囊藻 (*Oocystis*)、十字藻 (*Crucigenia*) 及绿球藻 (*Chlorococcum*) 等属。此外,还偶尔发现过蓝藻门的胶鞘藻 (*Phormidium*)、平列藻 (*Merismopedia*) 和微囊藻 (*Microcystis*)。

从表 1 还可见,重点池浮游植物平均生物量为 38.80 毫克/升,其中甲藻门最多,为 11.78 毫克/升,占总量 30.36%;隐藻门、绿藻门次之。各门藻类中鞭毛藻类生物量相当大,为 29.23 毫克/升,占总量 75.34%。

从浮游植物生物量看,光甲藻几乎占 1 / 3,它和隐藻、小环藻共同组成冰下浮游植物

表1 主要浮游植物的生物量和出现率

Tab.1 The frequency and biomass of main forms of phytoplankton.

种类*	重点池			非重点池		
	出现率%	生物量 (毫克/升)	占总量%	出现率%	生物量 (毫克/升)	占总量%
绿球藻类	100	2.64	6.80	99.0	8.66	26.95
衣藻	97	4.25	10.94	67.0	3.48	10.83
四鞭藻	12	0.10	0.26	0	0	0
绿藻门		6.99	18.00		12.14	37.78
隐藻	86	6.74	17.37	53.5	4.63	14.41
蓝隐藻	85	0.63	1.62	48.8	0.27	0.84
隐藻门		7.37	18.99		0.42	4.90
光甲藻	73	11.78	30.36	51.8	2.22	6.91
壳虫藻	98	2.45	6.31	53.2	3.35	10.43
眼虫藻	9.3	0.17	0.44	11.5	0.45	1.40
眼虫藻门		2.62	6.75		3.80	11.83
小环藻	89	6.25	16.11	46.9	0.53	1.65
菱形藻	31	0.10	0.26	44.3	1.06	3.30
针杆藻	50	0.58	1.49	5.5	0.03	0.09
曲壳藻	0	0	0	8.3	0.31	0.97
硅藻门		6.93	17.86		1.94	6.01
棕鞭藻	97	2.11	5.44	84.8	5.97	18.58
锥囊藻	30	0.55	1.41	2.8	0.05	0.16
黄群藻	2.9	0.14	0.36	2.8	0.01	0.03
鱼鳞藻	2.1	0.31	0.80	5.3	1.10	3.42
金藻门		3.11	8.01		7.13	22.19
浮游植物		38.80	100		32.13	100
鞭毛藻类		29.23	75.34		21.54	67.04

* 学名在文中附注

的3个突出的优势种群。

在重点池中绿球藻目植物出现率虽高而生物量却不大，总量只有2.64毫克/升。然而，非重点池的绿球藻类植物总生物量高达8.66毫克/升，是前者的3倍还多。与此相反，非重点池中光甲藻的生物量还不到重点池的20%。

2. 浮游动物

各试验池浮游动物由原生动物、轮虫、桡足类三部分组成(表2)。明水期常见的枝角类没有发现。

原生动物主要是纤毛虫，包括侠盗虫(*Strobilidium*)、栉毛虫(*Didinium*)、草履虫(*Paramecium*)、钟形虫(*Vorticella*)、喇叭虫(*Stentor*)等属。纤毛虫在重点池中的出现率为99.3%。

轮虫的种类较多，在重点池中出现率最高的是犀轮虫(*Rhinoglena*)和臂尾轮虫(*Brachionus*)，分别都接近50%；非重点池中各种轮虫的出现率都未超过15%。

表 2 主要浮游动物的生物量和出现率

Tab. 2 The frequency and biomass of main forms of zooplankton.

种 类	重 点 池			非 重 点 池		
	出现率%	生物量 (毫克/升)	占总量%	出现率%	生物量 (毫克/升)	占总量%
原生动物	99.3	0.72	11.59	69	0.21	8.57
犀 轮 虫	44.6	4.21	67.79	4.2	0.55	22.45
臂尾轮虫	46.6	0.47	7.57	14.4	0.06	2.45
三肢轮虫	8.6	0.03	0.48	1.4	0.001	0.04
多肢轮虫	19.0	0.03	0.48	11.1	0.01	0.41
龟甲轮虫	16.5	0.07	1.13	0	0	0
蛭态轮虫	5.9	0.04	0.64	7.4	0.02	0.81
晶囊轮虫	2.2	0.03	0.48	2.8	0.01	0.42
其它轮虫	11.8	0.02	0.32	11.1	0.02	0.81
轮 虫 类		4.91	79.07		0.67	27.30
剑 水 蚊	55.6	0.36	5.80	11.1	1.24	50.61
螺 水 蚊	7.9	0.02	0.32	0	0	0
无节幼体	53.9	0.20	3.22	23.2	0.33	13.47
挠 足 类		0.58	9.34		1.57	64.08
浮游动物		6.21	100		2.45	100

挠足类中以剑水蚤最常见，在重点池的出现率超过 50%。

浮游动物在重点池中的总生物量为 6.21 毫克/升，约为浮游植物量的 1 / 6，其中轮虫最高，占总量 79.07%。仅犀轮虫就占 67.80%。臂尾轮虫亦可在少数池塘形成优势种。

非重点池浮游动物生物量是挠足类多而轮虫少。

(二) 分布和变化

1. 浮游植物的垂直分布

8 个越冬池的 15 个年次的浮游植物生物量垂直分布数据中，有 13 个年次 (86.7%) 是表层高于底层，个别池塘(水校池 1980 年)表、底层相差 1 倍以上；只有新开一池(1979 年)和大越冬池(1980 年)底层高于表层(图 1)。

各池浮游植物总平均生物量表层为 44.99 毫克/升，底层为 32.94 毫克/升；鞭毛藻表层为 36.53 毫克/升，底层为 24.90 毫克/升；非鞭毛藻类表、底层生物量差异不大。

光甲藻的垂直变化随冰质而异(图 2)。明冰下，白天(晴天 11—15 时)集中于水体中下层(1—2.5 米)；傍晚分布比较均匀；黎明表层稍高；夜间只在 2 月 28 日 21 时测得一次数据，也是表层较多。雪冰下，光甲藻的分布除夜间比较均匀外，其它时间都集中分布于表层。

2. 浮游生物量的月变化

哈尔滨市 9 个重点池 21 个年次冬季各门浮游植物平均生物量的月变化(图 3)揭示了下述几种基本类型：① 单峰型(图 3：1)只有甲藻门，高峰期在 1—2 月；② 上升型(图

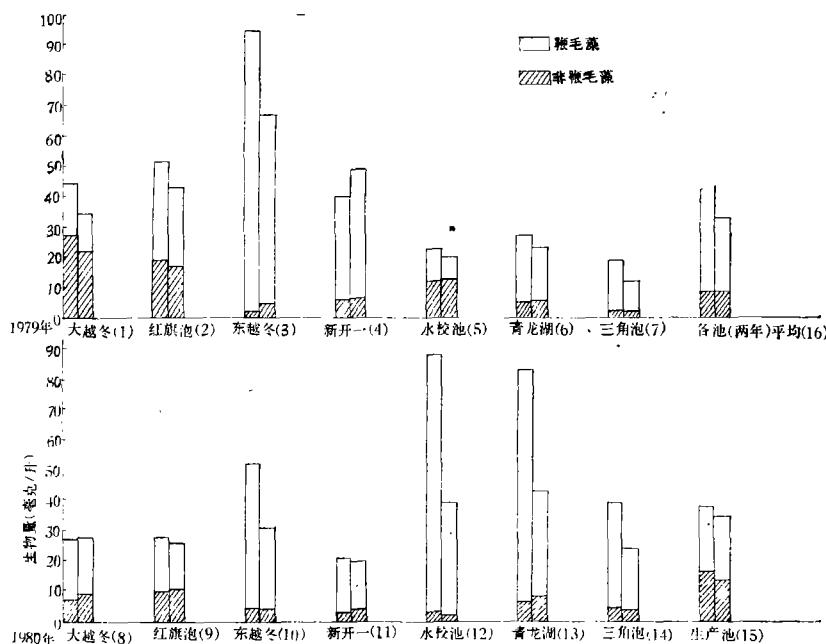


图1 越冬池表层和底层的浮游植物量(左图柱为表层、右图柱为底层)

Fig. 1 The phytoplankton biomass of surface and bottom waters in the overwintering ponds.

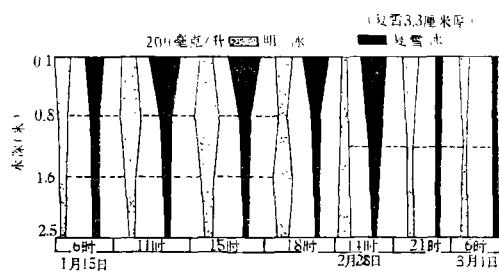


图2 不同冰质下光甲藻生物量的昼夜垂直变化(东越冬池 1981年)

Fig. 2 Diurnal vertical variations of biomass of *Glenodinium* in different ice conditions.
(The east overwintering pond, 1981)

3: 2, 3),包括金藻门和眼虫藻门,生物量从11月—3月递增;③下降型(图3: 4, 5),包括隐藻门和蓝藻门,生物量从11月—3月逐渐减少;④其它类型(图3: 6, 7),包括绿藻门和硅藻门,生物量从11月—1月稍有下降而后又略有回升。

哈尔滨市9个重点池19个年次冬季浮游动物平均生物量的月变化(图4),轮虫生物量在12月达5.58毫克/升。相当于其余各月平均生物量的2倍多;原生动物和桡足类的生物量很少。变化无多大规律性。

3. 浮游生物的年变化

同一越冬池不同年份的浮游植物生物量变化很大,年际差在10毫克/升以上,最高达

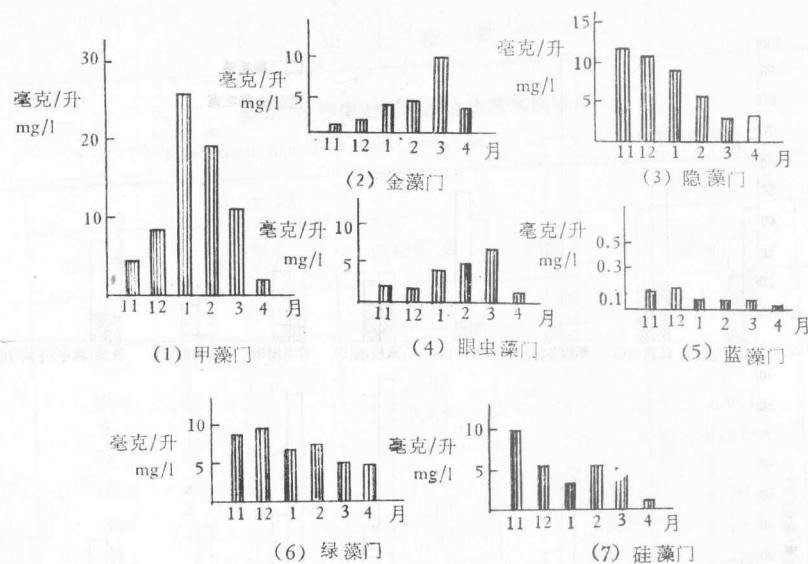


图 3 各门浮游植物生物量的月变化

Fig. 3 The monthly changes of phytoplankton of various phyla.

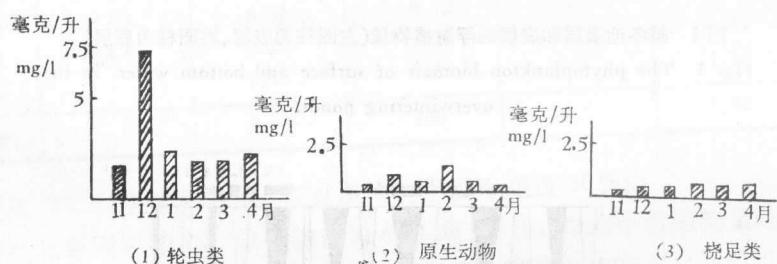


图 4 各类浮游动物生物量的月变化

Fig. 4 The monthly changes of zooplankton of various types.

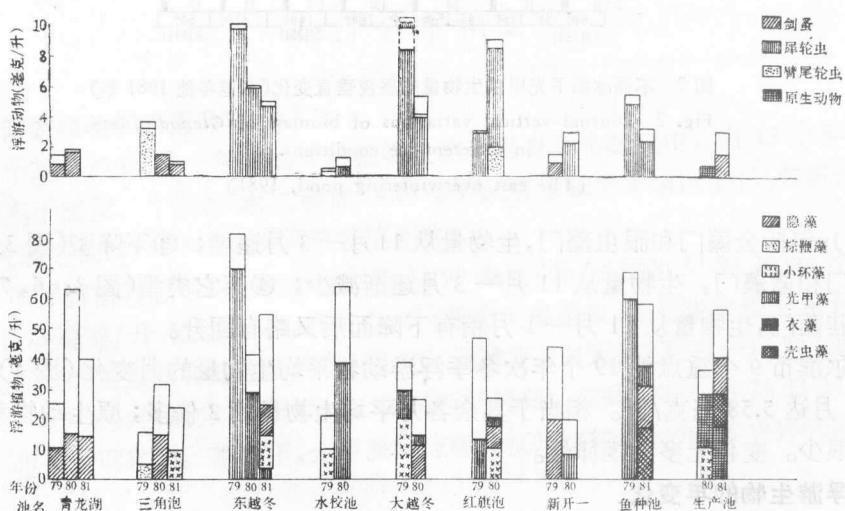


图 5 冰下浮游生物生物量的年变化

Fig. 5 Annual variation of plankton biomass under the ice.

39.6毫克/升(图5)。但优势种群却有一定的相似性。如东越冬池1979、1980年都是光甲藻占优势,1981年仍占一定比例;青龙湖连续3年的优势种都是隐藻;生产池两年都以衣藻为主。唯三角泡各年浮游植物优势种群不同。浮游动物生物量的年变化不像浮游植物那么大,而优势种群却较为一致。如东越冬池、大越冬池、鱼种池和红旗泡等连续2—3年的优势种都是犀轮虫;青龙湖两年都是剑水蚤最多。

讨 论

1. 冰下浮游生物种、量的特点

从哈尔滨等地越冬池浮游植物的生物量和出现率看,光甲藻、隐藻、小环藻、衣藻、壳虫藻和棕鞭藻是优势种群;蓝隐藻、菱形藻(*Nitzschia*)、针杆藻(*Synedra*)和锥囊藻(*Dinobryon*)生物量不大,出现率颇高,可谓常见种类;眼虫藻(*Euglena*)、四鞭藻(*Tetraselmis*)、鱼鳞藻(*Mallomonas*)、黄群藻(*Synura*)和曲壳藻只在部分越冬池中出现,应视为一般种类;个别池塘零星出现的蓝藻只能看作罕见种。

综上所述,与明水期相比,冰下浮游植物有如下几个特点:①总种数(1个属按1个种类计)较少。在20余个试验池连续3个冬季采得的300余个水样中,只发现30多属,其中形成优势种群者不过10来属(表1)。而据我们初步测定,哈尔滨金山堡鱼种场在鱼类生长期的习见浮游植物有50余属;大连金州鱼种场有60多属。饶钦止等(1981)^[4]发现武昌东湖(明水)1956—1975二十年间的浮游植物属数变化在68—111属之间;②现存量不低于夏秋季。重点池平均浮游植物生物量高达38.8毫克/升,非重点池亦有32.13毫克/升。据何志辉等(1983)^[5]测定,无锡河埒口11个鱼池鱼类生长期的浮游植物平均生物量为39.58毫克/升;1978年夏、秋季,我们测得金州两个肥水鱼种池的浮游植物平均生物量也不过48.50毫克/升。特别是1982年2月,我们曾在金州鱼种场101号池冰下测得小球藻生物量为282.24毫克/升,相当于甚至超过了一般夏季肥水鱼池的浮游植物生物量。此外,3年内在东北地区一些肥水越冬池中,测得浮游植物量超过100毫克/升的数据尚有10余次。可见,越冬池冰下浮游植物生物量和温暖季节明水期没有太大差异;③优势种群十分突出并多集中于鞭毛藻。前述光甲藻等6个优势属的生物量,占重点池浮游植物总生物量的87%,其中除小环藻外全为鞭毛藻,约占总生物量70%。

上述特点是由冰下的特殊环境条件所决定的。低温、弱光照淘汰了适高温和强光的绝大部分蓝藻和部分绿藻;深而缺乏涡流的平静水环境又使那些大型的或不具鞭毛的种类难以适应。前述平均水深超过3米的重点池,中、下层光照极微,绿球藻类平均生物量只有2.64毫克/升;非重点池水深不过1—2米,中、下层有一定光照,绿球藻平均生物量高达8.66毫克/升的事实,就可以说明问题。

鞭毛藻类可以主动选择其适宜的光和温度,正如Round(1981)^[12]在总结极地湖和高山湖的浮游植物时指出,冰下浮游植物趋向于小型鞭毛藻类占优势。小环藻虽然不具鞭毛,但冬季出现者细胞多有细密的盘刺,可以增大体阻以利浮游,仍可在深水越冬池中大量繁殖。尽管如此,适应冰下苛刻生活条件者毕竟只是一部分,其总种数当然就比较少了。但对适低温、弱光照的种类来说,冰下水体仍然具备其良好的繁殖条件。据雷衍

之等 (1985)^[2] 的材料, 哈尔滨的越冬池, 明冰下每天有 6—7 小时的照度在 1,000 lx 以上, 水中的营养盐含量也比较充分。因此, 许多藻类的繁殖速度相当快。对哈尔滨地区重点池 107 次测定数据表明, 在表层浮游植物平均生物量为 39.6 毫克/升时, 其日 P/B 系数达 0.48。即在不考虑消耗的情况下, 越冬池表层浮游植物现存量在两天之内就差不多翻一番。这个数值看起来比夏季为低 (夏季最高生产层的浮游植物日 P/B 系数常可超过 1^[1]), 然而, 冰下浮游植物的消耗也显著的低于夏季, 所以, 其现存量并不低于明水期。

Wetzel (1975)^[3]指出, 冰下当养分充足时, 适应低温及低光照种类逐渐增长, 占优势者通常是隐藻、裸甲藻、绿藻(衣藻)、金藻(锥囊藻、鱼鳞藻、黄群藻)、硅藻(针杆藻)、眼虫藻(壳虫藻)。冰下浮游植物的生产量占全年生产力的相当分量, 有时冰下三个月浮游植物初级生产量等于全年 1/4 (印度 Sylvan)。这一结论和我们的研究结果基本一致。

冰下浮游动物的特点是轮虫生物量突出。多数淡水轮虫是适温性的, 大量发生于春、夏季。但是, 萼花臂尾轮虫 (*Brachionus calyciflorus*) 等发育的生物学零度为 10°C 左右^[4], 越冬池秋季清塘后, 池底水温高于 10°C, 休眠卵尚可萌发, 并繁衍若干代而使生物量有较大增长。因而, 在那些用生石灰排水清塘的越冬池中, 初冬孳生一定量的臂尾轮虫是不足为奇的。只是犀轮虫在越冬池中如此大量出现, 还是罕见的。犀轮虫一向被视为典型的春季种, 王家楫(1961)^[2]对本种 12 月在杭州西湖开始高度繁殖认为是一种例外的现象。我们发现, 不仅从哈尔滨到大连的越冬池中有它的踪迹, 连纬度较低的四川省重庆市于 1982 年 12 月 26 日在邱国彬渔场的茶盆塘(水温 10°C)中, 也出现大量的犀轮虫。越冬池中犀轮虫的生物量有时可达到惊人的程度, 如 1979 年 12 月 15 日, 哈尔滨西郊大越冬池犀轮虫生物量达 143.2 毫克/升 (2.7 万个/升)。可见犀轮虫对低温水体有极强的适应力。在冬季的出现和高速繁殖应视为一种比较普遍的现象。

各试验池中都不曾发现枝角类, 这可能和鱼类摄食有关, 因为在某些存鱼很少的湖沼中, 已发现常年都有枝角类生活^[5]。当然, 多数枝角类在低温条件下的滞育状态, 仍是越冬池中种群消失的主要原因。

2. 冰下浮游生物的分布、变化和若干生态因素间的关系

(1) 光 光是冰下水体变化较大而又比较频繁的环境因子, 是引起浮游植物垂直移动的重要因素, 鞭毛藻类常常有选择性的分布于光照合适的水层, 它们白天(晴天中午前后除外)多趋光于中、上层, 致使多数越冬池的浮游植物量表层多于底层。光甲藻对光的反映特别敏感, 它在明冰下晴天中午前后居水体的中、下层, 其它时间分布比较均匀或表层多于底层; 在薄雪冰下差不多任何时候都是表层多于中、下层。据我们测定, 晴天中午前后, 紧贴明冰下的照度高达 18,000 lx。雷衍之等(1985)^[2]用黑白瓶试验发现, 当光甲藻占优势时, 晴天日产氧量最高的不在紧贴冰下的水表层, 而往往在水深 20—50 厘米处 (照度为几千 lx)。Maeda 和 Ichimura (1973)^[6]发现, 在 Haruna 湖紧贴冰下的藻类 10,000 lx 即达光饱和, 20,000 lx 对其起抑制作用。晴天中午前后明冰下接近 2 万 lx 的照度对光甲藻不利, 所以避居光照合适(几百至几千 lx)的中下层。复雪冰下的光照, 即使在晴天中午也不过几百 lx, 光甲藻多集中于表层。

¹⁾ 仇玉林, 1984。团团淖冬季的大型溞 (*Daphnia magna*) (手稿)。

(2) 水温 越冬池水温变幅不大(1—3.5℃)，一般不是冰下浮游生物变动的主要因子。但是，水温的缓慢变化对某些喜温种仍有可能造成重要影响。例如适暖性藻类——蓝藻，其生物量在冬季越来越少；隐藻在封冰初期常是一些越冬水体的优势种群，随着水温的降低生物量逐渐减少，残存的个体也多分布于水温较高的中、下层。饶钦止(1962)^[9]指出，隐藻属多是暖期性广温性种类。冬季数量的减少是可以理解的。

(3) 水源 哈尔滨市越冬池的水源包括井水和培育池老水。前者含较多的铁质和硫化氢；后者含有较多的有机质、营养盐、浮游植物，以及剑水蚤等浮游动物。使用不同的水源将直接影响越冬池水的肥度，如用井水做水源的三角泡(1979年)和生产池(1980年)，越冬初期浮游植物量很低，分别为8.4和1.2毫克/升；当两个池塘第二年改用老水做水源后，封冰初期的浮游植物量就分别增至49.4和59.5毫克/升。但是，水源主要决定越冬池水初期的肥度，对整个越冬期浮游植物量影响较大的还是补水的量和质。例如上述三角泡在1979年冬频繁补注含铁和硫化氢的深井水，池水总也不肥，平均浮游植物生物量不过16.0毫克/升；同样采用井水越冬的生产池实行定期节制补水，池水很快肥起来，浮游植物平均生物量达36.3毫克/升。补水对浮游植物的影响，一方面是冲淡作用，更重要的还是井水中所含铁、硫化氢等有害物质对藻类的抑制作用。我们曾用这种井水和普通池水在水温等其它条件相同的情况下培养黄群藻，发现井水量超过1/2时，黄群藻趋光活动受阻；全部用井水时趋光运动停止；而普通池水中的黄群藻则趋光运动活跃(25.5厘米/小时)。水源还可能影响浮游生物的优势种群。例如三角泡1979年用井水，浮游植物以金藻为主；1980年改用培育池老水，优势种是隐藻；1981年又引入大量沟渠水，优势种变为硅藻。这一方面受水源中原有种群的影响(老水多隐藻，沟水多硅藻)，同时也可能与藻类不同的营养要求有关。如硅藻所必须的硅酸盐可以从沟水、井水中得到补充，而隐藻所需求的某些溶解有机质却更容易从老水中获取。

(4) 种间关系 在越冬池种间关系上，最值得注意的是犀轮虫和光甲藻。凡犀轮虫生物量大的越冬池，其光甲藻生物量一般也都比较高(如图5所示东越冬池、鱼种池和大越冬池)。另外，通常光甲藻的高峰期(1—2月)紧接犀轮虫高峰期(12月)之后。这主要是由于犀轮虫取食了水中最易孳生的小型藻类，为光甲藻的繁殖(光甲藻个体多在30微米以上，犀轮虫较难取食)扫清了道路。所以，即使在犀轮虫兴盛的情况下，若干光甲藻尚可幸存，尽管其繁殖速度要受到一定影响。

3. 冰下浮游生物与生物增氧有关的几个问题

(1) 浮游植物现存量与产氧量(生产量)的关系 从表3可见，各类浮游植物生物量和它的生产量之间都存在着明显的关系，其混合水样 $r = 0.80(n = 107)$ ，其它 r 值也在0.7以上($n > 10$)，都显著相关。这表明，在明冰下水表层(补偿深度以上)浮游植物现存量和它的产氧量正相关，可见，在通常情况下，水表层或浅水越冬池的浮游植物多一些。即水肥一些，对生物增氧是有利的。但是，当冰下水层超过补偿深度时，净产氧量就会出现负值，并且随生物量的增加负值越大。所以，越冬池底层，特别是透明度低的深水越冬池底层的浮游植物生物量过大，对生物增氧往往有害。从而看出，搞生物增氧越冬，对深水越冬池水应要求“先瘦后肥”。

从表3还可看出，除光甲藻外，其它几种占优势时，其日P/B系数比较接近，因为接

表3 明冰下水表层浮游植物的生物量、生产量和日P/B系数

Tab. 3 The production, biomass and daily P/B coefficient of phytoplankton at water surface under clear ice.

优势种类	样本数	平均生物量 (毫克/升)	平均日产氧量 (毫克/升)	平均日生产量 (毫克/升)	相关系数 r	平均日 P/B 系数	备注
混 合	107	39.56	2.41	14.70	0.80	0.48	1、混合样本中包括光甲藻、隐藻、小环藻、衣藻等占优势的水样。
光甲藻	22	78.46	4.59	28.01	0.79	0.58	
隐 藻	30	27.04	1.67	10.16	0.72	0.42	
小环藻	14	35.28	2.52	15.37	0.89	0.40	2、平均日P/B系数是各次日P/B系数的平均值。
衣 藻	10	21.80	1.41	8.60	0.86	0.41	

近冰下的水环境条件(主要是光)都基本上可以满足这些藻类的生活需要。光甲藻占优势时平均日P/B系数较大,这在一定程度上反映了它对冰下水环境的特殊适应性。因而,光甲藻占优势的越冬池,溶氧状况良好。

(2) 浮游植物现存量与水体透明度的关系 明水期由于风浪、施肥、投饵等各种干扰,致使透明度难以反映水体中浮游植物的丰歉。冰下水体没有上述干扰,浮游植物是影响水体透明度的主要因子。因此,冬季更有可能通过透明度来估量浮游植物的现存量,这在生物增氧越冬实践中具有一定意义。

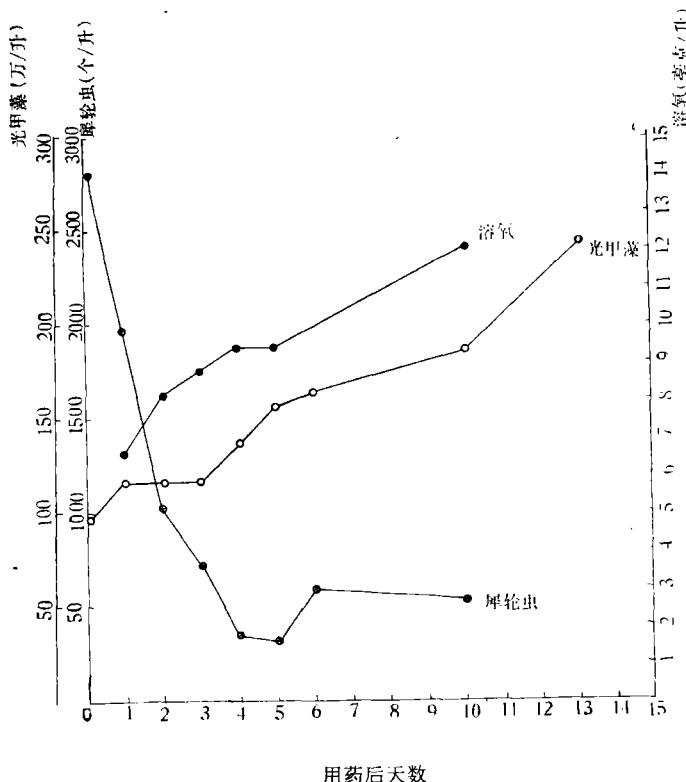


图6 控制犀轮虫后光甲藻和溶氧量的变化

Fig. 6 Changes of *Glenodinium* biomass and dissolved oxygen content after control of *Rhinoglena*.

1979—1981年冬季,测得冰下水体透明度数据153个,数值从22—139厘米,以之与相应的浮游植物生物量 x (毫克/升)进行回归统计,结果如下:

$$Y = 83.91 - 0.72x$$

$$n = 153 \quad r = -0.435 \quad t = -5.934 \quad t_{0.01} = 2.576 \quad f = \infty$$

可见,透明度与浮游植物现存量显著负相关。根据上述回归式,如果按雷衍之¹⁾计算出的在越冬池最适水深1.1—1.8米时的最适浮游植物生物量50—25毫克/升计算,其最适透明度应为48—66厘米。

(3) 浮游动物与生物增氧的关系 越冬池大量出现犀轮虫等浮游动物,一方面自身耗氧,一方面抑制浮游植物量的增长,无疑将对池水溶氧造成不利影响。用一定浓度的晶体敌百虫不仅可以有效地杀灭剑水蚤,还可以控制犀轮虫。1982年3月,我们用晶体敌百虫(2克/米²)对金山堡鱼种场新开三号池所发生的犀轮虫进行防治。结果表明,对犀轮虫的控制,促进了光甲藻的繁殖和溶氧量的回升(图6)。但是,池中少量($< 1,000$ 个/升)犀轮虫的存在或犀轮虫虽多但池水溶氧量尚不缺乏(> 5 毫克/升)时,可不必用药。只要注意监测就行了。

参 考 文 献

- [1] 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—310。
- [2] 王家楫,1961。中国淡水轮虫志。110—111页。科学出版社。
- [3] 李永函等,1979。冰下浮游植物、溶氧状况和池鱼的越冬问题。淡水渔业,(2): 6—13。
- [4] 李永函等,1985。养鱼池轮虫休眠卵分布和萌发的研究。水生生物学报,9(1): 20—31。
- [5] 何志辉、李永函,1983。无锡河埒口高产鱼池水质的研究二、浮游生物。水产学报,7(4): 287—299。
- [6] 张守藩,1959。养鱼安全越冬方法。21—27页。辽宁人民出版社。
- [7] 雷衍之等,1985。越冬池冰下水体主要理化因子的研究。水生生物学报(待刊)。
- [8] 饶钦止等,1980。武汉东湖浮游植物的演变和富营养化问题。水生生物学集刊,7(1): 1—15。
- [9] 饶钦止,1962。五里湖1951年湖泊学调查三、浮游植物。水生生物学集刊,(1): 74—92。
- [10] Bennett, G. W., 1962. Management of artificial lakes and ponds. 49—50. Reinhold Publishing Corporation New York.
- [11] Maeda, O. & S. Ichimura, 1973. On the high density of a phytoplankton population found in a lake under ice. *Int. Rev. ges. Hydrobiol.*, 58: 673—685.
- [12] Round, F. E., 1981. The ecology of algae. 272—276. Cambridge University Press.
- [13] Wetzel, R. G., 1975. Limnology. Philadelphia, London, Toronto.

1) 雷衍之,1984。从氧气平衡看越冬池的适宜深度和肥度(手稿)。

STUDIES ON THE UNDER-ICE PLANKTON OF THE OVERWINTERING FISHPONDS

Li Yonghan

(Dalian Fishery College)

Qiou Ribin Guo Jie

(Heilong River Fishery Institute)

Li Hongwu

(Heilongjiang Fishery School)

Abstract

This paper embodies the results of investigations on the under-ice plankton in over-wintering fish ponds during 1978—1981. They may be summarized as follows:

1. There are not so many species of phytoplankton and zooplankton under winter ice, but their standing crops can be not lower than those in comparable ponds at growing seasons.
2. The average biomass of phytoplankton was 38.8 mg/l, in which the dominant forms were: *Glenodinium*, *Cryptomonas*, *Chroomonas*, *Chlamydomonas*, *Ochromonas*, *Trachelomonas*, *Cyclotella*, *Chlorella* and *Scenedesmus*.
3. The biomass of zooplankton averaged 6.21 mg/l, and was composed mainly of rotifers and cyclopoida.
4. The standing crops of phytoplankton showed a vertical variation, which in general was higher at the surface layer. Certain flagellates such as *Glenodinium* exhibit diurnal vertical movements in under-ice waters.
5. There is a negative correlation ($r=-0.435$, $n=153$) between the phytoplankton biomass (x) and transparency (Y). The equation is:

$$Y=83.91-0.72x$$

In this paper the correlations of the under-ice plankton with the ecological factors are also discussed.

Key words Plankton under-ice, over-wintering fishponds.