

# 池塘养鱼生态理论

北京水产科技中心  
北京市水产科学研究所  
北京水产学会

一九九〇年十一月

3  
9

# 前 言

池塘养鱼是在复杂的生态系统中进行的生产，与水域环境有着密切的关系，整个养鱼生产过程，既受益于水域的生态环境，又受制于水的生态环境。池塘养鱼生产最终目标是实现稳产高产，为达到这个目标，应采取多种措施，但指导生产、制定增产措施时，要考虑到生态系统将发生的变化，只有使物质循环和能量流动的各个环节都顺利进行，才能获得最大的收益。因此，要达到上述目的，就必须研究水域生态系统的特点，研究自然规律，正确认识鱼类本身、环境条件、人的生产活动三者之间的关系和规律，并运用这些规律去认识渔业生产的实质，为实现池塘稳产高产找出科学依据，使池塘潜在的渔产量转化为现实的鱼产量。

为了达到上述的目的，在农业部的支持下，我们举办了这次研讨班，邀请了国内在池塘养鱼生态方面有较高研究水平的专家和教授讲学，以便受益于水产科研与生产，力求用生态的管理方法提高鱼产量。

田春恩

# 目 录

1. 渔业生态学应用实例.....李永函(1)
2. 鱼池施肥的理论和实践.....何志辉(39)
3. 我国高产塘生态系统的分析.....何志辉(48)
4. 精养鱼池水质的特点及其控制.....王 武(61)
5. 螺旋鱼腥藻塘及其检测.....石志中(67)
6. 鱼类能量学与养殖业.....孙儒泳(72)
7. 草、鲢鱼高产技术理论依据及评价.....谭玉钧(93)

# 渔业生态学应用实例

李永函

大连水产学院

生态学是一门与生产实践联系十分紧密的生物科学，它的产生和发展从来都没有离开过生产实践。促进水生生态学发展的主要原因就是渔业和环境保护的需要。作为生态学重要组成部分的淡水生态学，当今研究的中心集中于淡水生态系统中物质和能量的流动和生物生产力等问题。其目的当然是为了更加合理的利用自然资源，提高经济生物生产力。为此，既要确定正确的研究方向，又要选择合理的管理措施和研究途径。力求用生态学的管理办法，取代不科学的传统管理方式。本章将从生态学角度探讨几个渔业生产中的实际问题，以期将所学的生态学知识得以应用。

## 第一节 池塘轮虫的增殖、利用和鱼苗饲养的生态学管理

现已查明，在普通鱼池的底泥层中，蕴藏着十分丰富的轮虫、枝角类等浮游动物的休眠卵，并在一定的条件下萌发、繁衍。它们是鱼苗的天然饵料基础。但是，我国传统的鱼苗饲养方法，常常忽视了这一鱼池的供饵能力，而在饲养池中大量泼洒豆浆。据观察，这些豆浆入池后除部分被鱼摄食外，大多沉积水底，通过腐屑链进入物质循环。这一异养生产过程必须消耗大量溶氧，因此，通常投喂豆浆的池塘容易缺氧，甚至造成池鱼窒息泛塘，使整个鱼池生态系统的平衡遭受破坏。为改变这种单纯投喂人工饲料的养殖方式，充分利用鱼池饲料资源，本章将着重介绍鱼苗开口饵料——轮虫，在鱼池苗中的增殖和利用，兼论鱼苗的生态学饲养。

### 一、轮虫的饵料意义

衡量某种饵料优劣的标准应包括：营养价值、适口性、可得性、对水质的影响以及饲养效果等。

(一) 营养价值 轮虫和通常用做鱼苗开口饲料的几种人工饲料和天然饵料相比，其粗蛋白，粗脂肪含量均属上等(表56)

表56 几种鱼虾开口饵料的营养价值(干物质)

饲料种类	粗蛋白(%)	粗脂肪(%)	灰分(%)
微胶束饲料	47.14	3.70	11.98
鸡蛋黄	32.80	62.20	
卤虫幼体	57.38	7.38	21.15
轮虫	58.20	14.20	14.90

(二) 适口性 下塘初期的鲢、鳙和草鱼苗体长不过7毫米，口径约0.22—0.29毫米，适口食物的大小为165×430微米，几种常见天然饵料的大小分别为：轮虫166×230微米，卤虫无节幼体275×350微米，小型枝角类（裸腹水蚤）600×1800微米。可见卤虫偏大，枝角类过大只有轮虫最适口。挠足类无节幼体和纤毛虫的大小，虽然和轮虫差别不大，但前者活动较快，后者生物量太小，在鱼池环境中数量一般也不多。

(三) 可得性 同为适口饵料，分布均匀且运动速度较慢者，其可得性大。几类浮游动物的运动速度是：轮虫<0.02厘米/秒，枝角类约1.5厘米/秒，挠足类约5.0厘米/秒；由于主动游动的速度较快。枝角类和挠足类（包括幼体），在水层中的集群现象也较普遍，多呈团块状分布。轮虫活动缓慢，除非数量特大（>10万/升）在水表层出现群游现象时，一般在水层中分布比较均匀。因此，对于鱼苗来说在上述几类浮游动物中，轮虫的可得性最大，小型枝角类次之，挠足类最差。

(四) 饲养效果 饲养效果是评定某种饵料优劣的综合指标。也是最可靠的指标。轮虫既是淡水养殖中鱼苗的开口饵料，也是公认的海水鱼、虾幼体的开口饵料。

1. 饲养虾苗的效果 对虾幼体（虾苗）包括无节幼体、蚤状幼体和糠虾幼体三个阶段其后进入体长接近4毫米的仔虾期。其中无节幼体靠卵黄行内营养，从蚤状幼体阶段开始摄食，至仔虾期，主要取食各种单胞藻、轮虫、卤虫无节幼体、贝类幼体、挠足类、枝角类等。但其成活率随食物种类而有颇大差异。据山东日照县水产研究所的试验结果，在各种饵料中以轮虫（褶皱臂尾轮虫）最佳（表57）

表57 对虾幼体摄食不同食物的成活率（%）（仿日照县水产所）

发育阶段 \ 食物种类	混合植物 (藻类)	混合动物	动植物 混合	卤虫 幼体	轮虫
蚤状—糠虾	44	46	78	38	91
糠虾—仔虾	21	71	99	72	92
蚤状—仔虾	7.3	34	82	26	84

## 2. 饲养鱼苗的效果

作者曾选用31个其它条件大致相同，唯独轮虫生物量有较大差别的鱼池，在不投喂人工饲料的情况下，饲养鲢、鳙鱼苗，观测其下塘初期（3—5天）的生长速度（日增重率），发现和池水中轮虫（萼花臂尾轮虫、壶状臂尾轮虫、角突臂尾轮虫、巨腕轮虫等）的生物量有十分密切的关系（表58）

表 数据如果按线性回归处理可得

$$Y = \begin{cases} 12.21 + 1.44x & 0 \leq x \leq 31 \\ 49.22 - 0.16x & 31 < x \leq 160 \end{cases}$$

可见，当 $0 \leq x \leq 31$ 时，线性函数的斜率是 $1.44 > 0$ ，函数 $y$ 是递增的，说明鱼苗生长速度随着轮虫生物量的增加而增加。

当 $31 < x \leq 160$ 时，线性函数的斜率是 $-0.16 < 0$ ，函数 $y$ 是递减的，说明鱼苗生

长速度随轮虫生物量的增加而降低。(图5—10A)。

从表的试验数据中可以看出,当轮虫的生物量( $x$ )=29.57mg/l时,鱼苗的日增重率最大 $y=56.10\%$ 。

如果用非线性回归建立轮虫生物量与鱼苗日增重率间的关系式,则得回归曲线方程为:

$$y = \frac{X}{1.6938 \times 10^{-4} x^2 + 0.01384x + 0.08593}$$

根据方程求得曲线的最大值(极植为)22.52即,当 $0 < x < 22.52$ 时,函数 $y$ 是递增的,说明鱼苗生长速度随轮虫生物量的增加而增加。

当 $22.52 < x < 160$ 时,函数 $y$ 是递减的,说明鱼苗生长速度随轮虫生物量增加而降低。可见,轮虫生物量为22.52mg/l时,鱼苗日增重率最大;超过或小于该值,鱼苗生长都会减慢。但是其减慢速率是不很一样的,结合直线方程看。 $0 < x \leq 31$ 的一段内,直线斜率的绝对值 $|b| = 1.44$ 。明显地大于在 $31 < x \leq$ 的一段直线斜率的绝对值 $|b| = 0.16$ ,所以当轮虫生物量小于极值 $x = 22.52$ 时,鱼苗生长速度下降得相当快(直线陡急),而大于该值时,鱼苗生长速度只是缓慢下降(直线平缓)轮虫生物量在22.62mg/l或20mg/l左右时,是鱼苗生长的最适生物量。

试验结果表明,鱼苗生长速度在轮虫生物量过大时减慢的主要原因是,池水溶氧不足,实践证明,只要冲注新水或采取其它增氧措施后,便可在很大程度上克服鱼苗生长下降的趋势。鉴于上述原因,生产上可把20mg/l做为鱼苗池轮虫高峰期的起点,且持宁多勿少的原则。

轮虫生物量与鱼苗日增重率的关系

鱼池编号	轮虫生物量 $x$ (mg/l)	鱼苗日增重率 $y$ (%)	鱼池编号	轮虫生物量 $x$ (mg/l)	鱼苗日增重率 $y$ (%)
1	0	6.21	17	19.70	31.33
2	0	3.10	18	20.20	39.39
3	0.02	5.43	19	22.40	48.58
4	0.34	4.53	20	27.30	51.00
5	0.36	7.08	21	29.57	56.10
6	0.98	8.75	22	30.37	56.09
7	1.44	8.51	23	32.00	44.68
8	2.01	22.90	24	42.00	43.48
9	2.62	26.52	25	44.96	43.68
10	2.91	26.00	23	55.52	37.15

11	3.29	27.64	27	65.00	38.43
12	4.48	26.15	28	69.69	38.00
13	4.90	26.80	29	96.36	23.55
14	6.50	27.64	30	132.50	31.40
15	13.30	29.20	31	160.00	22.22
16	14.44	28.39			

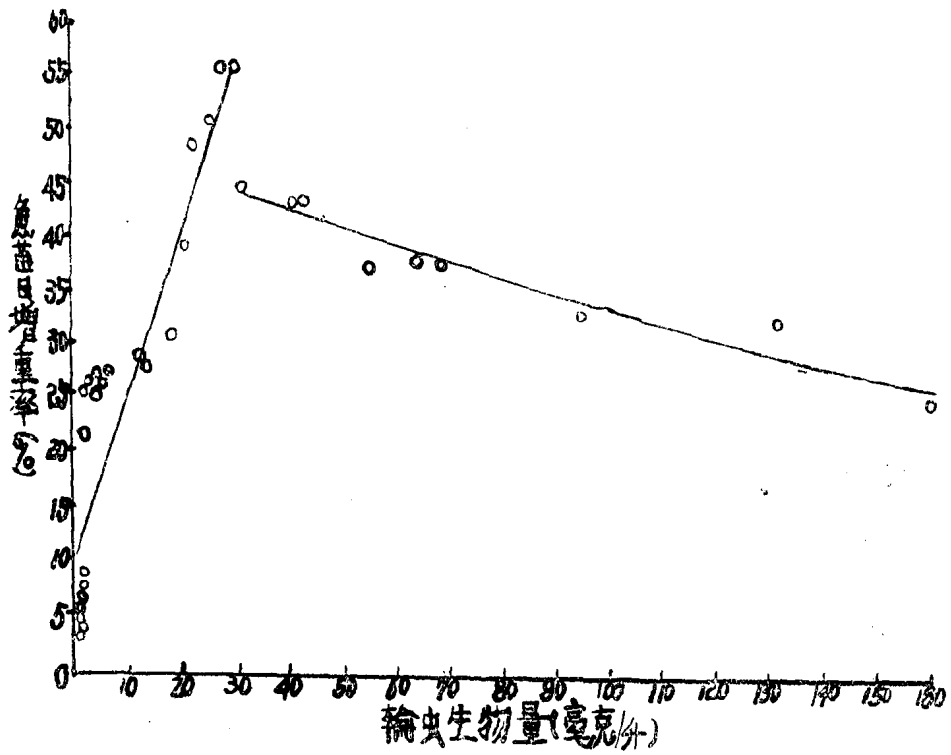
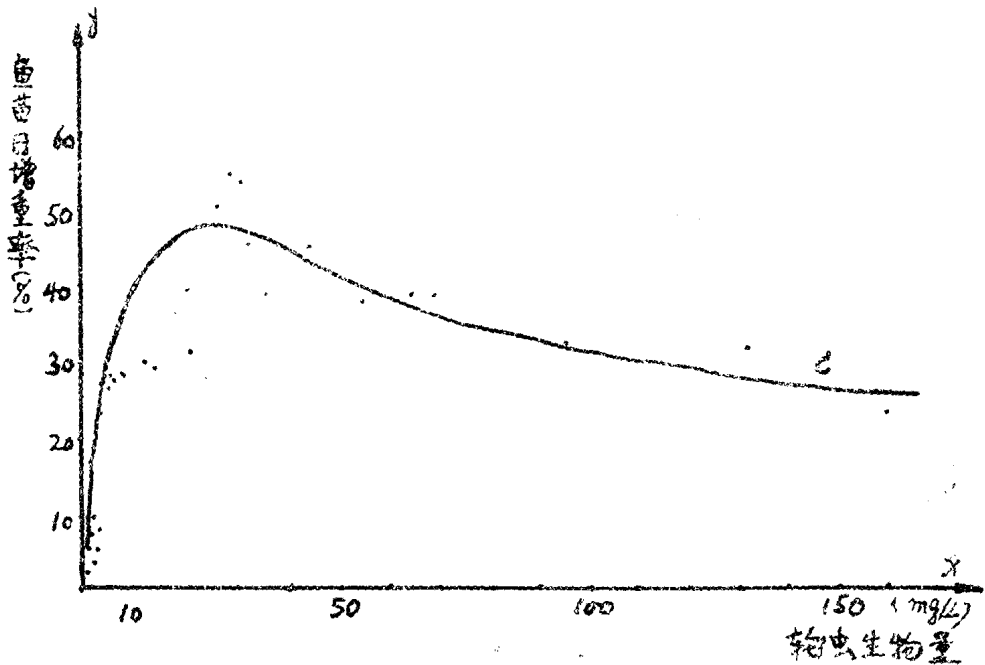


图5-10A 轮虫生物量每鱼苗日增重率的关系



## 二、鱼池清塘后浮游生物群落的演替和轮虫种群数量的高峰期

由于池底蕴藏着一定量的藻类和浮游动物的休眠孢子或休眠卵。所以在排水清塘后，作为人工生态系的鱼池便开始了它群落的次生自养演替，着先出现的是那些个体小，繁殖速度快的硅藻和绿球藻类，此时，群落内部十分不稳定，种群频繁更替，除各种小型藻类外还间生着一些鞭毛藻类和浮游丝状藻类，由于浮游动物很少， $P/R$ 系数明显大于1，随后，原生动物和轮虫开始孳生，并很快滤食掉相当一部分小型藻类，水体中主要剩下一些个体较大，有一定运动能力的隐藻、裸藻和团藻目的鞭毛藻类，也可能出现大量的浮游丝状蓝藻，此时，生态系中生境与群落间以及浮游生物群落内部都趋于暂时的平衡，既有足够数量的原初生产者，又有众多的消费者， $P/R$ 系数接近或等于1。紧接着一些滤食性的小型枝角类(裸腹水蚤)和大型枝角类(隆线水蚤等)先后出现，它们与轮虫同处一营养生态位，但由于枝角类有更强的滤食能力，因此，处于竞争劣势的轮虫种群很快消匿。同时由于藻类被滤食殆尽，群落初级产量极低， $P/R$ 系数小于1，水生态系中生境与群落间矛盾加剧，群落内部亦处于不稳定状态，首先是枝角类种群密度过大，代谢产物积累使本身生活条件(包括食物缺乏和溶氧不足)恶化，加上捕食性浮游动物——剑水蚤的繁衍和摄食，枝角类种群数量逐渐减少，并为浮游植物再度繁殖创造了条件(营养盐丰富)。最后，一个由各类浮游植物和挠足类组成的，毛产量和呼吸量趋于一致的( $P/R$ 系数等于1)比较稳定的浮游生物新群落形成，至此，清塘后鱼池生态系群落的演替告一段落。完成这一过程在水温 $20-25^{\circ}\text{C}$ 的条件下，大致需要15—20天。

综上所述，可将其演替过程简示为：

清塘→浮游植物→轮虫→枝角类→挠足类

从上述浮游生物群落演替中可见，在浮游植物大量繁殖后，必有一个轮虫集中繁殖的时期，即轮虫高峰期。高峰期轮虫的生物量或大或小，一般经年养鱼的肥水鱼池均



可达到5,000—10,000个/升, 这个量大致相当于前述鱼苗饲养池中轮虫的最适生物量20mg/l, 但是达到这一生物量的时间却制约于若干生态因子。

水温是影响池塘轮虫高峰期出现时间的重要因子。试验表明, 在其它环境条件基本相同时, 水温( $^{\circ}\text{C}$ x)和轮虫高峰期达到的时间(天, y)紧密负相关( $y=45.3-1.62x$   $n=21$   $r=-0.94$  表59), 说明, 水温愈高, 轮虫高峰期出现愈早, 一般是20—25 $^{\circ}\text{C}$ 时轮虫在清塘后8—10天达到高峰。在此范围内(可视为最适温度范围), 轮虫达到高峰期的时间相差不大, 平均每度差 $<1$ 天; 20 $^{\circ}\text{C}$ 以下时, 迅速推迟。如17—19 $^{\circ}\text{C}$ 时为11—15天, 平均每度相差2天; 12—17 $^{\circ}\text{C}$ 时为15—31天; 平均每度差3天多。有关12 $^{\circ}\text{C}$ 以下的低温情况, 尚待研究。

此外, 在池塘轮虫的培育过程中, 常常出现水温相同而轮虫高峰期出现时间不同的现象, 经查明, 主要是池底轮虫休眠卵的密度所致。从根本上讲, 清塘后, 浮游生物群落中的各轮虫种群, 在没有大量注水的情况下, 主要来自泥中休眠卵的萌发, 这是内因至于水温的作用, 当然是外因。外因必须通过内因起作用, 所以弄清鱼池底泥中轮虫休眠卵的情况, 对其增殖, 利用将有重要作用。

以上21个池塘的试验数据, 就是在池底轮虫休眠卵数量为100—200万/平方米, 5厘米, 的条件下获得的, 实践表明, 超出这一范围, 轮虫高峰出现的时间将提前或推延详细情况将在下节中讲述。

### 三、池塘轮虫休眠卵的数量、分布和萌发

池塘轮虫休眠卵的数量与分布, 在很大程度上决定了池水中轮虫的数量, 在选择培育池时, 必须了解池底各种轮虫休眠卵的数量, 为此, 首先就应当通过其形态结构, 识别不同种类轮虫的休眠卵。

表59 水温对池塘轮虫高峰期出现时间的影响

池塘编号	平均水温 ( $^{\circ}\text{C}$ )	从清塘到轮虫 达到高峰期的 天数	鱼池编号	平均水温 ( $^{\circ}\text{C}$ )	从清塘到轮虫达 到高峰期的天数
1	12.3	31	12	21.5	8
2	12.7	25	13	21.5	8
3	12.8	25	14	21.6	8
4	14.3	23	15	21.7	8
5	16.1	20	16	23.2	15
6	16.1	20	17	23.3	7.5
7	16.1	20	18	23.9	8
8	17.5	15	19	24.0	8
9	17.5	13	20	25.4	6
10	17.6	14	21	26.1	7
11	19.0	11			

1. 轮虫休眠卵的形态结构 由混交雌体产生的休眠卵，在形态和结构上都与由非混交雌体所产的“夏卵”有所不同，其特点是卵壳厚，有壳纹或长短不一的突起或刺，通常不甚透明。初形成的休眠卵主要由胚胎和卵膜（卵壳）两部分组成（图5-11，A）。经一段时期的休眠后，在胚胎卵膜之间逐渐形成一气室，此气室随休眠时间的延长而加大，临近孵化时约占卵体积的1/3。（图5-11，B）。卵膜由三层组成，通常所见带突起或刺的是它的外卵膜。胚胎也被一层较厚的膜所包围，并与气室隔离，但其间仍能进行气体交换，所以，气室中的气体才会随代谢过程而增加。有关气室的气体性质和作用尚待进一步研究，但由于气室的出现和增大，使本来沉积于池底的休眠卵得以上浮，对其萌发的生物学意义是显而易见的。

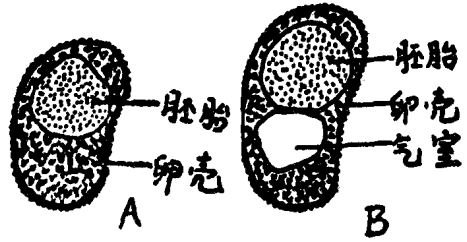


图5-11 轮虫休眠卵

2. 休眠卵的采集、分离和定量  
轮虫的休眠卵通常沉于水底，混杂在泥沙之中，采集时用特制的体积大约为600立方厘米的长圆筒形有机玻璃采泥器，即休眠卵采集器（图5-12）。垂直插入泥底，采取约10厘米厚的底泥，并切取上部5厘米高度的泥层置容积为1,000毫升的盛泥钵中加水稀释到600毫升搅拌均匀后取出10毫升，注入50毫升的三角锥瓶中准备分离。

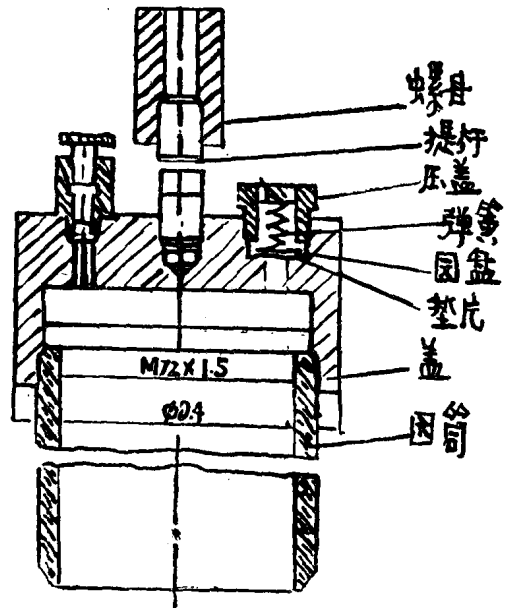


图5-12 休眠卵采集器

分离时，将高渗液徐徐加入上述盛泥浆水的烧瓶中，用玻棒搅动1分钟，静置20分钟；待泥沙下沉后再搅动，并再加高渗液（同时冲洗搅棒），使液面略突出于瓶口，这时休眠卵逐渐上浮。为使观察清晰，可加1—2滴碘液让其着色（用于萌发的卵不可加碘），20分钟后即可计数。

计数时，先用计数框在突出瓶口的液面上粘取上浮休眠卵置低倍镜下观察并计数，一般粘取3—4片即可将上浮休眠卵取尽。

休眠卵的数量可按式计算：

$$N = \frac{V \times P}{U \times S}$$

- N —— 休眠卵数量（个/平方厘米或万/平方米）  
P —— 所观察到的休眠卵数量（个）  
V —— 被稀释后的泥水体积（毫升）

S —— 采泥器底面积 (平方厘米)

U —— 所取泥浆水样体积 (毫升)

### 3. 休眠卵的数量和分布

笔者曾用上述方法测定东北地区部分鱼池的休眠卵, 结果发现, 除个别新挖鱼池外, 在各种不同类型的池塘的泥层中, 都蕴藏着轮虫的休眠卵, 但数量差别比较悬殊 (表60)。

表60 东北地区部分渔场鱼池0—5厘米表泥层中轮虫休眠卵的数量

采样地点		鱼池数	底泥厚度 (厘米)			底质	休眠卵数量 (万个/米 <sup>2</sup> )			休眠卵出现率 (%)	备注
地区	渔场		最低	最高	平均		最低	最高	平均		
大连	金州鱼种场	26	20	55	38.5	腐泥个别池塘为黄泥或沙	13	1,573	503	100	大量追施粪肥, 投喂部分商品饲料
	庄河水产所渔场	8	10	35	22.1	土壤有部分腐泥	55	158	94	100	施牛马粪肥 喂商品饲料经常清淤
	卅里堡渔场	7	5	30	17.9	沙壤土带腐泥	0	57	24	85.7	喂商品饲料 池塘稍有渗漏现象
	松树水库渔场	7	10	25	15	沙质	2	9	4.4	100	喂商品饲料 池塘渗漏严重
	南关岭渔场	5	30	50	41.0	腐泥	0	4	1.2	60	靠近海滨, 盐度高
哈尔滨	金山堡鱼种场	7	15	45	28.0	壤土带腐泥	42	698	239	100	施有机肥; 喂商品饲料经常清淤
营口	水产所渔场	7	5	50	23.6	沙壤土带腐泥	0	112	28	85.7	施有机肥; 喂商品饲料, 经常清淤

表60的数据还说明, 引起休眠卵数量差别的重要原因之一是鱼池条件, 特别是底泥的性质和厚度。一般说来, 腐泥较厚的池塘, 其休眠卵量就高, 如金州鱼场和金山堡渔场平均达200—500万/平方米; 沙质池底因缺少有机质, 轮虫食物不足, 其休眠卵量就少, 如松树水库渔场, 不过几万/平方米。除此之外还发现, 饲养鱼的种类, 也在一定程度上影响了鱼池中轮虫休眠卵的数量 (表61)。

表61 金州鱼种场不同类型鱼池0—5厘米表泥层中的轮虫休眠卵数量

池别	池数	休眠卵 (万个/米 <sup>2</sup> )		备 注
		范 围	平均	
鲤鱼池	6	700—1,529	1,060	包括鲤亲鱼和鲤鱼种池
亲鱼池	5	409—1,573	700	以鲤亲鱼为主, 其中休眠卵量最多的309号池中放有部分鲤、草亲鱼
苗种池	15	13—736	215	休眠卵量最多的101号池有生活污水注入

从表61看出, 饲养鲤鱼的池塘中轮虫休眠卵远远超过其它类型的池塘, 其主要原因是鲤鱼 (不包括鱼苗) 不取食轮虫, 而它却不停地拱食泥中的底栖动物, 使泥下层的休眠卵经常翻到泥表面, 从而为其萌发和再生产创造了条件, 而饲养其它鱼类的池塘则没有这种优越条件。

轮虫的休眠卵不仅存在于表泥层中, 还广泛分布于各不同深度的泥层内。各层中的数量不等, 多数池塘由底至表逐渐增加, 其平均值呈'V'形分布 (图5—13)。此种有规律的分布, 是淤泥逐年加厚, 休眠卵随之增多的结果。建池初期从空气、水流、肥料中可能带进的部分轮虫或休眠卵, 是最底层休眠卵的基本来源。逐年的施肥, 投饵, 一方面增加了淤泥的沉积, 一方面促进了轮虫的繁殖, 休眠卵量也不断积累, 于是越表层积累越多。

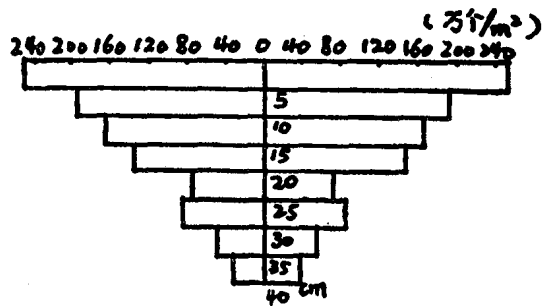


图5—13 不同深度泥层中的轮虫休眠卵量 (大连金州渔场1981)

在前述0—5厘米厚度的表泥层中, 包括了泥表面的休眠卵, 这部分休眠卵量可相当于该表泥层中卵量的0.3—18.4% (表62)。这种比例差首先和测定时的水温有关, 低温 (表层12—13.5℃, 底层不过10℃) 条件下泥表休眠卵尚未萌发, 数量必然多; 高温 (17.5—26℃) 时泥表休眠卵已大批萌发, 数量就比较少。此外, 放养鱼的类别也会影响到泥表休眠卵的数量。例如表中所列两个鲤鱼池泥表卵量就特别多, 因为鲤鱼的频繁

表62 金州鱼种场部分鱼池泥表面轮虫休眠卵的数量

池别	池数	表层水温 (°C)	0—5厘米泥层中休眠卵 (万/米 <sup>2</sup> )		泥表面的休眠卵 (万个/米 <sup>2</sup> )		
			范 围	平 均	范 围	平 均	相当于表层卵量%
普通池	7	12—13.5	83—546	255.1	0.4—22	6.6	2.6
普通池	7	17.5—26	63—1640	497.1	0—2	1.2	0.3
鲤鱼池	2	13.5	890—920	905.0	130—203	166.5	18.4

拱泥活动，可以把覆盖于泥层中的休眠卵翻动到泥表面。

泥表面这部分休眠卵数量虽不算多，但它是池塘轮虫繁殖的主要物质基础，因为，只有这部分休眠卵才具备萌发的生态条件（首先是气体条件）。

#### 4. 休眠卵的萌发

试验表明，轮虫休眠卵的萌发与下述生态因子有关：

(1) 水温 养鱼池中最习见的萼花臂尾轮虫和角突臂尾轮虫的休眠卵，萌发所需水温下限为10℃，上限为40℃。萌发时间以38℃时最短，只需8小时42分；10℃时最长，要40小时55分。即萌发时间随温度升高而缩短，二者呈负相关。（图5—14）但当水温升高到38—40℃时，萌发时间反而延长（表63）。

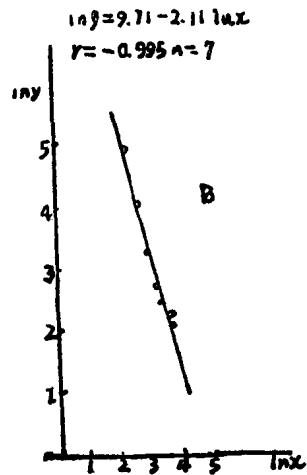


图5—14 水温与轮虫休眠卵萌发时间的关系

表63 不同温度条件下轮虫休眠卵的萌发时间

水温(℃)	9	10	15	20	25	30
萌发时间(时:分)	不萌发	140:55	56:20	26:40	16:07	11:48
水温(℃)	35	38	39	40	42	
萌发时间(时:分)	9:53	8:38	11:10	21:13	不萌发	

因为9℃以下不再萌发，故可将10℃视为上述轮虫休眠卵发育的生物学零度。

(2) PH 水温25℃时轮虫休眠卵在PH4.5—11.5的范围内可以萌发，但萌发时间有一定差异，PH6—10需6小时左右，（其中PH8时最快为15小时45分），在此范围之外，无论PH升高还是降低，都将延长其萌发时间，最长可达20小时（表64）。

表64 PH对轮虫休眠卵萌发时间的影响

PH	4.0	4.5	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0
萌发时间(时:分)	不萌发	20:15	16:45	16:23	16:03	15:52	15:55
PH	10.0	10.5	11.0	11.3	11.5	11.6	11.7
萌发时间(时:分)	16:17	16:55	17:43	18:15	19:45	不能正	不萌发

(3) 溶氧 在水温25℃，PH7.2的情况下，在溶氧量平均值为0.44—25.30毫克/升时，轮虫休眠卵24小时可以正常萌发，萌发率在50%以上；溶氧量降到0.22—0.24毫克/升时，24小时后发现了小轮虫，但不会正常活动并很快死去，再降至0.15—0.17毫克/升

时，72小时仍不萌发。可见0.3毫克/升可视为前述几种轮虫休眠卵萌发的临界氧量。

(4) 盐度 萼花臂尾轮虫，角突臂尾轮虫均属淡水种，它们的虫体及其休眠卵均不能适应高盐度，据巴卡拖娃(1980)的材料，萼花臂尾轮虫能忍耐5—6%的盐度，如果经过一定时间的驯化，盐度上限可达8%李永函等(1985)的试验表明，萼花臂尾轮虫休眠卵萌发的盐度上限为8.5%，其耐盐性比成体稍高。在自来水、蒸馏水和低于8.5%。盐度的半咸水中，休眠卵的萌发情况没有明显不同。

在上述轮虫休眠卵的生态幅范围内，不仅鱼池表泥层中的休眠卵可以萌发，就是将埋藏于一定深度泥层内的休眠卵取出，置合适的条件下，也可以萌发，只是随着泥层深度增加，其萌发率逐渐降低就是了(图5—15)。

可见，各不同深度泥层中的休眠卵的存活情况是不相同的。这是因为，深层的缺氧条件对休眠卵不利。但短时期内尚不致丧失萌发活力，只有年深日久才可能自然死亡。图中所示的几个试验池都已建成20余年，且从未翻动过深层底泥，假如每年淤积1—2厘米左右，

则35厘米以下的休眠卵已埋藏了20余年，不能萌发可以理解。越近泥表其埋藏时间越短，萌发率也就越高，值得注意的是在20厘米深处(估计埋藏10年左右)休眠卵萌发率明显提高到和亚表层(5—10厘米)接近的程度，从而可以大致看出，轮虫的休眠卵在淤泥中保存10年左右尚不致丧失萌发能力，超过此界限存活率将可能受到较大影响，至20年后便基本上不再萌发。1965年筑池的302池，35厘米以下的最底层淤泥中的休眠卵(估计为18年)还保持着7.1%的萌发率；1975年建成的一个鱼池，40厘米深处的底层休眠卵，在室内合适条件下仍保持着较高的萌发率。这些都在一定程度上说明：影响轮虫休眠卵存活的主要因素是它在淤泥中埋藏的时间，而不是它被埋藏的深度。

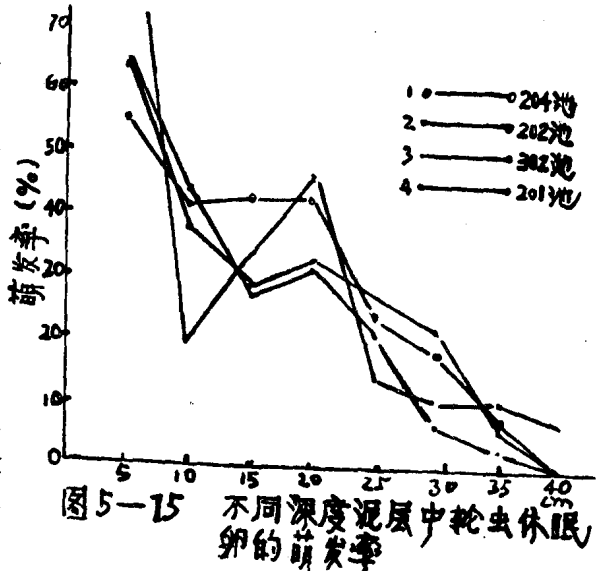
不仅在泥层中埋藏时间太久，失去生命力的休眠卵不能萌发，当年产生的，没有经过休眠阶段的新鲜休眠卵也同样不能萌发。作者曾将此种卵置室内合适条件下，连续观察30天仍未见萌发。王家楫(1961)曾指出：轮虫休眠卵在孵化以前，必须经过几个星期至几个月漫长的潜伏时期。某些试验池表层休眠卵萌发率不高，可能与此有关。

#### 四、提高池塘轮虫生物量的途径

鱼池底泥中广泛分布着轮虫的休眠卵，只要生境适合(水温10—40℃，PH4.5—11.5，溶氧>0.3毫克/升)，休眠卵就可以萌发，但是，一般池水中的轮虫种群数量却不大(仅几十一几百个/升)，只有采取以下人为措施后方可达到高峰，形成优势种群。

##### 1. 清塘

清塘，特别是排水清塘是促使休眠卵萌发和轮虫繁殖的有效措施。一方面，清塘前



的拉网、捕鱼等活动搅动底泥，使相当一部分本来埋于淤泥中的休眠卵上浮或重新沉积于泥表面，使其萌发有了可能；另一方面，清塘消灭了轮虫的敌害，为刚从休眠卵中萌发的小轮虫，创造了生活和繁殖的条件。同时，排水清塘还提高了池塘白天的水温，这在早春低水温时，对促进轮虫休眠卵萌发有重要作用。所以，一般池塘在清塘后都会出现一个轮虫大量繁殖的时期，（图5—16）。

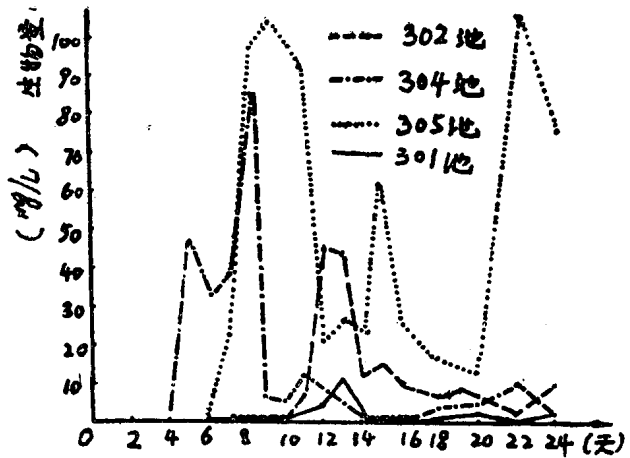


图5—16 渔池清塘后轮虫生物量的变化

2. 施肥 施有机肥能有效地增加池塘轮虫的生物量，因为用药物清塘时；浮游藻类等被杀死，直至3—5天后才开始繁殖，这时轮虫休眠卵已开始萌发，在此期间追施有机肥，可为刚孵出的轮虫提供腐屑、细菌等食物，同时也为加速藻类繁殖创造了条件。李永函等（1981）利用大连金州渔场几个鱼池进行施肥（清塘5天后试验池每天用50公斤/亩人粪尿全池泼洒）试验，结果使轮虫生物量较对照池提高了3—8倍，其它浮游生物种群数量也有大幅度的增长（表65）。

表65 施有机肥对池塘轮虫和其它浮游生物量的影响

池号	浮游动物量（毫克/升）			浮游植物量（毫克/升）	浮游生物总量（毫克/升）	备注
	轮虫平均量	轮虫最高量	总量			
302	8.31	44.8	56.65	2.03	58.68	试验池 轮虫高峰期延续2天带水清塘
301	1.05	10.72	6.71	2.80	9.60	对照池 无轮虫高峰期带水清塘
304	42.10	174.72	45.51	16.39	61.90	试验池 轮虫高峰期延续10天排水清塘
305	12.59	84.42	22.37	26.25	48.62	对照池 轮虫高峰期延续4天排水清塘

3. 除害 清塘故然能清除杂鱼、昆虫、挠足类等轮虫的捕食者，为其达到高峰扫清了障碍，然而在清塘后的浮游生物群落演替中，又出现了新的敌害——枝角类。枝角类和轮虫同处一生态位，并且具有较轮虫更强的滤食能力，所以要使轮虫得以增殖，就必须及时控制枝角类，试验表明，高效低毒的有机磷农药——敌百虫对甲壳动物特别敏感，低浓度时对轮虫无妨。根据李永函（1972）的试验，在池水PH 8—9，水温20—25℃条件下，敌百虫对各类浮游动物的致死浓度分别为：

大型枝角类（隆线蚤，大型蚤等） 0.05ppm

小型枝角类（裸腹蚤等） 0.3—0.5ppm

挠足类（剑水蚤） 0.5ppm

轮虫 1.5—2.0ppm

通常在池水中按0.3克/吨水的浓度，全池泼洒市售晶体敌百虫，可以杀灭枝角类，保存并增殖轮虫（表66）

表66 用敌百虫控制枝角类的结果

池塘编号	轮虫生物量（毫克/升）	轮虫高峰期天数	枝角类生物量（毫克/升）
试验 1	82.50	17	0.22
对照 1	15.06	5	55.35
试验 2	46.40	11	0.36
对照 2	8.40	5	19.60
试验 3	81.10	17	1.20
对照 3	9.30	5	29.40
试验 4	1.60	10	1.90
对照 4	9.40	4	13.30

必须指出，在利用敌百虫控制枝角类时，一定要选择恰当的时机，一般只在鱼苗尚未入池而枝角类已经大量出现时使用，当鱼苗下塘后，即便有枝角类也最好不要轻易杀掉，因为再过2—3天，它们也是鱼苗的天然饵料。当然，有时因枝角类过量繁殖而严重恶化池水氧气状况时，也是可以酌情用药的。

除此之外，某些大型浮游植物，特别是有的丝状蓝藻如螺旋藻（*Spirulina*）等，由于体型较大（长>50），为轮虫所不能取食。因此，当其大量繁殖，形成优势种群后，就严重抑制其它单胞藻类的繁衍，从而使轮虫缺食。实践证明，凡这类大型浮游植物大量存在时轮虫数量骤减。如1990年5月南关岭渔场三号池，就因为上述螺旋藻的迅速繁殖，致使刚刚发生的轮虫种群只维持2—3天就消失了，这类大型浮游藻类的出现，还因其数量多，个体大而常常影响池塘轮虫的采捕，这对于那些专池培养轮虫以供室内集约化养鱼，虾苗食用的生产方式，会带来极大的危害，因为用筛绢网具是无法将大型藻类和轮虫分离开来的。对于这些害藻除用硫酸铜防治外，彻底清塘是最有效的防治办法。

4. 注水 实践证明，在鱼苗池添注新水可以有效地延续轮虫的高峰期，从而提高整个饲养期轮虫的生物量。

轮虫在水温（25℃左右）、食物和其它环境条件适宜时，繁殖速度相当快。我们在室内的观测表明：在上述条件下，萼花臂尾轮虫的世代周期不过23小时，一个抱卵雌体5天就能繁殖近千个后代，其种群最大增长效（*rm*）接近1.4，也就是每天以将近4的倍数增长数量。在清塘施肥的条件下，可能按与此接近的速度增长。一般池塘轮虫生物量达到20毫克/升的高峰后，2—3天就会超过50毫克/升，甚至100毫克/升以上。



这样多的轮虫，会很快滤掉水中的浮游植物，溶氧也日趋紧张，如果池中再繁衍大量枝角类的话，则更加剧了食物溶氧条件的恶化，所以，杀掉枝角类可以缓和上述矛盾。然而，当轮虫生物量过大（ $>100$ 毫克/升）时，即使池中无枝角类，轮虫照样抱冬卵而终止繁殖。1980年金州鱼场106池，轮虫高峰出现近一周仍无枝角类发生，可是10天后，该池轮虫生物量一样下降。因为，施肥虽然有助于食物状况的改善，却无法排除氨氮等代谢物的积累。在这种情况下添注新水的效果是显著的。

在向鱼苗池添注新水时应注意水量和水的质量，通常每隔1—2天注水一次，每次以原水量的20%左右为宜；水源可以是井水，河水或其它富含浮游植物的池水，其中以后者最佳。因为此种肥水即有丰富的食物又有较多的溶氧，对轮虫的繁殖和改善池塘水质都十分有利。

### 5. 保护和利用“卵”资源

前已讲述，池塘底泥（主要是0—5厘米表层）中的休眠卵量与池塘轮虫生物量关系十分密切。欲使鱼池中的轮虫高产，就必须充分利用和保护好“卵”资源，并为其萌发创造条件，达此目的可循下述途径：

(1) 实行“鱼池轮作”每隔1—2年甚至不同季节改换饲养品种，尤其应当注意鱼苗池和底层鱼类饲养的轮换。例如，上述金州鱼种场的305池就是秋、冬、春季饲养鲤亲鱼；夏季培育鱼苗，致使该池底泥中轮虫休眠卵多，鱼苗饲养期轮虫生物量大，饲养效果好。又如山东郯城县渔场1981年选用3个池塘培育轮虫饲养鱼苗，其中两个历年养鲤鱼的池塘，清塘后很快出现大量轮虫（水呈灰白色，有群游现象），高峰期持续40余天，投放20毫米左右的鲢、鳙“乌仔头”（3万尾/亩），在很少喂精饲料的情况下，经一个多月，平均体长达到2.5寸，生长速度比一般鱼池快一倍；而另一个连年饲养鳊鱼苗的池塘，虽采取同样措施，却始终没有培养出大量的轮虫，其原因显然和池塘轮虫休眠卵的数量有关。

(2) 搅动底泥 一般池塘在厚5厘米的表层淤泥中，都有相当数量的轮虫休眠卵，但是完全露于泥表面者却不过是它的1—2%（表62）。模拟试验表明，在鱼池中，只有完全暴露于泥表面或漂浮于水层中的休眠卵才能萌发，被泥沙覆盖的休眠卵是难以破膜的。清塘（必然搅动底泥）、拉网、拉铁链子或用搅泥机搅动底泥，其作用和前述鲤鱼拱泥的效果一样，可以把泥层中的休眠卵翻动到泥表面或水层中来，促进其萌发。

(2) 移植休眠卵 鱼池中的轮虫休眠卵若按泥层体积算，每米<sup>3</sup>中可能有5,000—10,000万个，假如挖取这类富含轮虫休眠卵的底泥，移置新建的鱼池或缺乏休眠卵的池塘，增殖轮虫的效果是显著的。如1983年6月，作者挖取含轮虫休眠卵量约为1亿个/立方米的04池的淤泥40公斤，加入1%的生石灰，用水调成泥浆后均匀泼洒到一个贮水量仅10吨的小池中（池水中原来无轮虫），48小时后，池水中轮虫达到3,400个/升。

据卢奋英等（1960）的资料，用每亩600—700斤湖泥（塘泥）加2—2.25公斤生石灰进行混和施肥，可以提高水体肥力，还可增加水中浮游生物的数量。可见，塘泥移置是一项即可移置轮虫又可提高水体肥力的好办法。

### 五、鱼苗饲养的生态学管理

渔业生态学管理的原则是，既要最大限度地利用水体资源（包括生物资源和空间），尽