

## 低温条件下轮虫的敞池增殖\*

李永函 金送笛

(大连水产学院, 116023)

**摘要** 选择我国东北高寒地区的14个池塘,在低温( $<10^{\circ}\text{C}$ )条件下采取“冻底”、“晒底”和“搅底”的措施,促使轮虫休眠卵萌发,增殖萼花臂尾轮虫等广温幅的轮虫,使其种群数量的高峰期与当地早繁鱼苗生产同步。试验池轮虫生物量变幅为 $25.72\sim 73.20\text{mg/L}$ ,平均 $45\pm 13.53\text{mg/L}$ ,持续时间 $>15$ 天;轮虫群落生物量变动符合逻辑斯蒂曲线并与浮游植物量负相关( $n=12\sim 13, r>-0.60$ )。本文还讨论了低温条件下敞池增殖轮虫的几种方式和轮虫池的供饵能力。

**关键词** 轮虫, 增殖, 低温, 敞池

轮虫作为海产动物活饵料的研究工作在日本等国已有数十年的历史,我国始于60年代初期。近10年来进展较快,但是其大规模培养多局限于常温和室内<sup>[1]</sup>。轮虫的室内工厂化培养需要宽阔的厂房和复杂的设备,投资昂贵,在我国尚难推广。随着冷水性鱼类养殖业的发展和高寒地区早繁鱼苗基地的建设,在低温季节对鲜活饵料的需求十分迫切。萼花臂尾轮虫(*Brachionus calyciflorus*)等轮虫,温幅广( $1\sim 35^{\circ}\text{C}$ )<sup>[6]</sup>,完全可能成为在低温条件下大量增殖的对象。本文着重报道几种广温幅轮虫在我国北方地区低温季节的敞池增殖状况。

### 1 条件与方法

#### 1.1 池塘条件

1993年~1995年分别在吉林沙河水库和黑龙江绥化渔场,选择14个试验池,基本条件如表1。

#### 1.2 试验方法

14个池分作三类处理。(1)沙河7、8号池秋季清塘,注水1.5m越冬。(2)沙河3号池和绥化4、5号池秋季排水至0.5m,冬季冻透。(3)沙河1、2、11号池和绥化8、9、10、11、12号池春季排水清塘。三种方式都要反复搅动底泥和追施N、P复合肥及有机粪肥。试验期间除了绥化5、8、12、13号池补注大量井水外,其余仅添补部分邻近池塘的肥水。轮虫达到高峰

收稿日期:1996-08-31。

\*农业部85重点项目。参加工作还有刘涛、冷云、谭明亮、吴爱萍、任锦帅、何庆权等,一并致谢。

(5 000~10 000 个/L)后除对沙河 3、11 号池和绥化 5、12 号池及时抽滤外,其余任其发展。

表 1 试验池的基本条件

Table 1 The experimental condition in pond

地区 District	沙河水库 Shahe reservoir						绥化渔场 Suihua fish farm							
池号 No.	1	2	3	7	8	11	4	5	8	9	10	11	12	13
面积(m <sup>2</sup> ) Area	2 500	500	2 000	6 000	5 000	2 000	3 000	3 300	2 500	3 000	2 500	3 000	2 500	3 000
水深 Water depth	0.5	0.5	1.0	1.5	1.8	0.6	1.0	1.0	0.8	1.0	1.0	0.8	1.0	1.0
轮虫休眠卵(万/m <sup>2</sup> ) Rotifer resting egg	240	180	520	184	190	210	541	164	141	243	236	140	120	151

表 2 轮虫的发生和高峰期的有关参数

Table 2 The parameters of rotifer developments and its peak periods

地区 Area	沙河水库 Shahe reservoir						绥化渔场 Suihua fish farm							平均 Average		
池号 No.	1	2	3	7	8	11	4	5	8	9	10	11	12	13		
干 Date	出现日期	415	415	413	418	420	413	418	420	503	503	503	501	502		
	种类 Species	ca	ac	au	ac	si	ac	a	au	a	au	au	ua	ac	au	
母 母 母 mother	数量(个/L) Number	437	444	1 100	292	340	696	1 050	831	320	544	264	480	385	410	543
	水温(℃) Water temperature	6.2	6.0	5.5	6.7	6.5	5.0	5.2	5.2	6.3	6.3	6.5	6.5	6.2	6.2	6.02
高 峰 期 Peak period	形成日期 Occured date	503	428	424	505	508	510	504	506	517	517	517	516	530		
	水温(℃) Water temperature	9.2	8.5	8.8	10.7	11.2	9.0	8.3	8.5	9.0	9.0	9.2	9.5	14.0	10.41	
延 续 天 数 Lasted days	延续天数	23	20	23	20	10	25	23	18	20	17	18	25	20.17		
	平均数量 (万个/L) Average number	0.98	0.73	1.08	1.09	1.12	1.46	0.86	0.77	1.20	0.95	0.68	1.32	1.03		
平 均 生 物 量 (mg/L) Biomass on average	平均生物量	±0.12	±0.06	±0.35	±0.25	±0.74	±0.85	±0.61	±0.45	±0.34	±0.08	±0.16	±0.68	±0.24		
	优势种类 Dominant species	ca	ca	u	c	al	c	au	u	au	au	u	ca			

\* c—尊花臂尾轮虫  
*Brachionus curviflanus*

u—壶状臂尾轮虫  
*B. urceus*

a—角突臂尾轮虫  
*B. angularis*

l—三肢轮虫  
*Filinia* sp.

a—晶囊轮虫  
*Asplanchna* sp.

试验期每天监测水温,每 2~5 天测定透明度和轮虫的种、量;对重点池—沙河 3、11 号池和绥化 5、12 号池则同时监测浮游植物的种和量。

## 2 结果

### 2.1 轮虫的发生和高峰期的形成 见表 2。

### 2.2 轮虫及饵料生物的数量(生物量)变动

几个重点池塘轮虫及浮游植物的变动情况见图1-4。

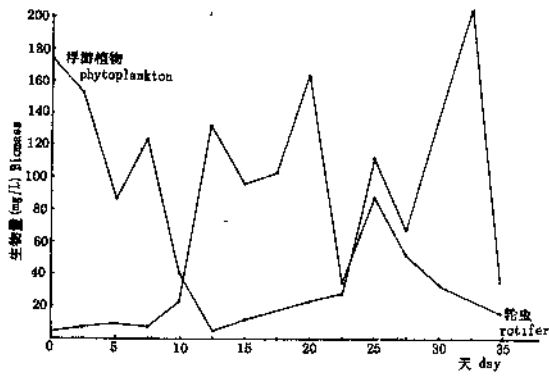


图1 沙河11号池轮虫和浮游植物量变动曲线

Fig.1 The variation curve between rotifer and phytoplankton biomass in pond 11# Shahe

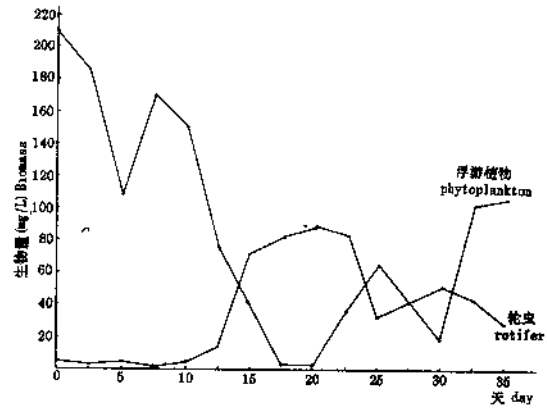


图2 沙河3号池轮虫和浮游植物量变动曲线

Fig.2 The variation curve between rotifer and phytoplankton biomass in pond 3# Shahe

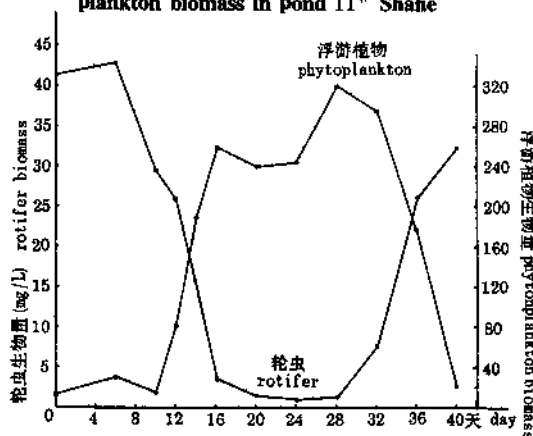


图3 绥化5号池轮虫和浮游植物量变动曲线

Fig.3 The variation curve between rotifer and phytoplankton biomass in pond 5# Suihua

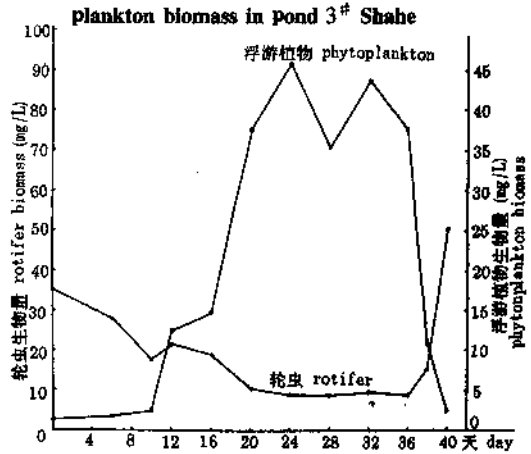


图4 绥化13号池轮虫和浮游植物量变动曲线

Fig.4 The variation curve between rotifer and phytoplankton biomass in pond 13# Suihua

从图1-4可见:(1)4个试验池轮虫生物量的变动曲线分别由一个变化缓慢的潜伏期(10天左右),一个急剧上升的增长期(3~5天),一个相对稳定的平衡期(15~20天)和一个迅速下降的消落期组成。各池轮虫生物量高峰极值相差悬殊(5倍),最大者为沙河11号池>200mg/L,最小者为绥化5号池<40mg/L。(2)作为轮虫主要饵料的浮游植物的生物量变化呈“U”字型,与轮虫生物量变化负相关(Y浮游植物生物量mg/L,X轮虫生物量mg/L):

$$\begin{aligned}
 Y_3 &= 89.96 - 0.49X & n &= 13 & r &= -0.611 \\
 Y_{11} &= 161.86 - 1.99X & n &= 13 & r &= -0.890 \\
 Y_5 &= 312.90 - 8.09X & n &= 12 & r &= -0.930 \\
 Y_{12} &= 15.37 - 0.14X & n &= 12 & r &= -0.750
 \end{aligned}$$

### 3 讨论

**3.1 轮虫的发生与高峰期形成的条件** 由休眠卵的萌发的第一代轮虫—干母,其出现的早晚与休眠卵萌发的最低温度—生物学零度有关。臂尾轮虫休眠卵的生物学零度为 $4\sim 5^{\circ}\text{C}$  [2]。按此,在我国北方池塘融冰后不久即应该出现轮虫,但通常在平均水温 $>20^{\circ}\text{C}$ 的春夏之交也难形成种群。原因之一在于沉积泥层中的休眠卵未获得溶氧、光照等必需的条件。据 Atsushi Hagiwara [8] 的资料,相同条件下褶皱臂尾轮虫 (*B. Plicatilis*) 休眠卵在有光条件下,经一个多月可以萌发,而在无光条件下经六个月尚不萌发;李永函等 [3] 的试验表明,蓼花臂尾轮虫的休眠卵只有在水中溶氧量 $>0.3\text{mg/L}$  时才能萌发。金送笛等 [5] 的试验表明,冷冻能有效地提高轮虫休眠卵的上浮率和孵化率。本试验采用“冻底”和充分搅动底泥的措施,使沉积泥层中的休眠卵或漂浮水面或沉落泥表,使其有得到光照和足够溶氧的机会,较早萌发,沙河 3 号池和绥化 4、5 号池轮虫发生的时间较当地同类的池塘提前 $5\sim 10$  天,即是例证。

水体中出现第一代轮虫后,只要条件适宜,经几代繁衍便可达到种群数量的高峰期,其间隔时间首先与水温有关。据报道,蓼花臂尾轮虫在 $8^{\circ}\text{C}$  左右的水温条件下,6 天左右即可繁殖一代 [7,9]。本试验各池第一代轮虫数量可达 $300\sim 500$  个/L。如若种群数量增长以 4 的倍数计 [5],则经 $2\sim 3$  代(12~18 天)即可达到 $5\ 000\sim 10\ 000$  个/L 的高峰期 [4]。本试验的多数池塘均与此计算数据相符(见表 1),其中沙河 3 号池和绥化 4 号池由于休眠卵量特别多( $>500$  万/ $\text{m}^2$ ),干母数量大( $>1\ 000$  个/L),从干母出现到高峰期形成不过 10 天。

另外,除适宜水温和干母的数量外,轮虫高峰期的形成还与饵料的种类、数量及池水 pH 等因子有关。沙河 11 号池和绥化 13 号池,干母出现 20 余天后轮虫数量才达到高峰。绥化 11 号池则始终未出现高峰期,这三个池的共同点是浮游植物以细胞或群体直径 $>15\mu\text{m}$  的空球藻 (*Eudorina* sp.) 或隐藻 (*Cryptomonas* sp.) 等大型鞭毛藻类占绝对优势,且生物量特别大( $>100\text{mg/L}$ ),而臂尾轮虫摄食藻类的最适颗粒规格为 $10\mu\text{m}$  左右 [10]。轮虫缺少适口饵料,加之这类大型鞭毛藻的大量发生往往导致池水高 pH 危害,致使轮虫增长缓慢。

**3.2 轮虫种群数量变动及与浮游植物量的关系** 本试验几个重点池(图 1-4)轮虫种群数量变动基本符合逻辑斯蒂曲线,与常温比较,其潜伏期和平衡期较长。据李永函 [4] 的文献,在水温 $20\sim 25^{\circ}\text{C}$  时,池塘轮虫种群发生的潜伏期和高峰期(平衡期)均不过 $3\sim 5$  天,而本试验都大于 10 天。主要原因是低温,但高峰延续时间长,却与及时抽滤,避免“拥挤效应”有关。从图 1-4 看,轮虫生物量的变化与浮游植物生物量负相关( $n=12\sim 13, r > -0.60$ ),说明这些藻类是轮虫的重要饵料基础,直接影响轮虫生物量的增减。Проскурин [13] 认为,饵料与轮虫生物量之比不得低于 3 倍。本试验的沙河 3、11 号和绥化 5 号池的培育早期都超过此指标,轮虫生物量呈指数增长;中期浮游植物量不足轮虫生物量的 2 倍,致使轮虫种群生物量停止增长,后期虽然浮游植物再度繁盛,然而多数轮虫已抱休眠卵,很难重现高峰期。假设在轮虫种群数量增长期和平衡期,浮游植物量始终保持较高水平( $>$ 轮虫生物量 3 倍),则有可能延续其高峰期。但是绥化 12 号池浮游植物量始终未超过轮虫生物量的 3 倍,轮虫高峰期却延续了 20 余天,分析是该池丰富的有机碎屑(连续几年高密度饲养鲤鱼种,投喂大量颗粒饲料)起了重要作用,可见,在轮虫敞池增殖中,外来有机质的作用不可低估。

**3.3 轮虫池的供饵能力** 12 个试验池(未系统测定高峰期生物量的绥化 11 号池和 13 号池不计在内)高峰期的轮虫平均生物量为 $45\text{mg/L}$ ,水深 1m,每公顷生物量为 450kg。轮虫的日

P/B 值为 0.5~0.8<sup>[11]</sup>, 因水温较低取 0.5, 其生产量应为 225kg/hm<sup>2</sup>.d。另外, 以鱼苗食轮虫的毛生长率为 39%<sup>[12]</sup>, 换算成饵料系数约为 2.5, 鱼苗摄食率取 50%, 则每 hm<sup>2</sup> 水体生产的轮虫可提供 45kg/d 的鱼产力, 相当于平均体重 1.2mg 的鱼苗 3 750 万尾。可见, 轮虫池的供饵能力是相当可观的。但传统上我国鱼苗放养密度只有 150~300 万尾/hm<sup>2</sup>, 还远未发挥其鱼产潜力。当然, 随着鱼体增重和摄食能力的增加, 这种供求关系会发生变化。如果在轮虫的高峰期及时抽滤出部分轮虫, 投喂集约化饲养的鱼、虾、蟹苗, 则资源可以得到充分利用, 避免浪费, 还可促进轮虫的再生产, 进一步提高水体的供饵能力。

**3.4 低温条件下轮虫敞池生产的方式** 轮虫的增殖有两个重要的温度参数, 一是休眠卵萌发的最低温度—生物学零度; 一是夏卵孵化的温度。如前所述, 臂尾轮虫休眠卵萌发的生物学零度为 4~5℃, 据 Herzig<sup>[9]</sup>的文献, 蓴花臂尾轮虫夏卵在 0.6℃ 时经 9.64 天, 1.6~2.2℃ 时经 7.35~6.50 天即可孵化。由此可见, 淡水水体中常年都具备轮虫夏卵孵化的温度条件。据此, 可将敞池轮虫生产概括为以下几种方式: (1) 秋季生石灰清塘(水温 10℃ 左右)→注水 0.5m→施无机肥→再注水 1.0m  $\xrightarrow{\text{结冰}}$  扫雪→补注富含浮游植物的肥水→早春融冰后施肥、投饵强化培育, 如本试验的 1 处理方式。此方式的特点是干母在秋季发生, 冰下越冬并缓慢繁殖。据报道, 蓴花臂尾轮虫在相同温度下所经历的世代时间, 大约为其夏卵发育时间的 3 倍<sup>[7]</sup>, 即在 1.5~2.5℃ 的冰下水体中, 每个世代大约需 20 天。据观测, 在低温条件下每个雌体抱夏卵 1~3 个, 平均 2 个, 若全部孵化, 则繁殖一代种群数量可增加 2 倍, 通常秋季清塘后轮虫干母数 10 个/L 左右, 则经 7 代约 4~5 个月即可达 1 万个/L 的高峰期。(2) 秋季浅水(0.5m 左右)→冬季冻透→融冰后搅动底泥并施化肥→轮虫出现后施有机肥, 如本试验的 2 处理方式, 此法因冻底可提高休眠卵的上浮和萌发, 有望在融冰后 5~7 天(6~7℃) 出现第一代轮虫, 20 天左右达到高峰。(3) 春季用生石灰清塘→晾晒 3~5 天后注水 0.5m→搅动底泥→施肥, 如本试验的 3 处理方式, 此方式轮虫发生及高峰期形成的时间与方法 2 相同, 只是需用较大剂量生石灰清塘, 费用稍高, 但培育池可兼作鱼类越冬池。以上方式各具特色, 选用时可视生产需要而定, 如严冬或早春需要轮虫者可用方法 1; 欲兼作越冬池时只能用方法 3。

## 参 考 文 献

- [ 1 ] 刘卓等, 1990. 饵料浮游动物培养, 45-47. 农业出版社。
- [ 2 ] 何志辉等, 1985. 淡水生物学(下), 32. 农业出版社。
- [ 3 ] 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): 20-30.
- [ 4 ] 李永函, 1978. 关于鱼苗下塘时池水水质生物指标问题的探讨. 淡水渔业, (1): 13-19.
- [ 5 ] 李永函等, 1993. 淡水生物学, 247. 高教出版社。
- [ 6 ] 金送笛等, 1995. 冷冻对轮虫休眠卵上浮率的影响. 中国水产科学, (2)(2): 49-56.
- [ 7 ] 黄祥飞, 1985. 温度对蓴花臂尾轮虫卵的发育、种群增长和生产量的影响. 水生生物学报, 9(3): 232-244.
- [ 8 ] Asushi Hagiwara, 1989. Effecton of incubation and preservation on resting eggs hatching in the derived clones of the rotifer *Brachionus plicatilis*. Hydrobiologia, 186: 415-421.
- [ 9 ] Herzig, A., 1983. Comparative studies on the relationship between temperature and duration of embryonic development of rotifers. Hydrobiologia, 104(1): 237-246.

- [10] Rothhaupt K.O., 1990 a. Differences Particle size dependent feeding efficiencies of closely related rotifer species, *Limnol. Oceanogr*, 35(1):16-23.
- [11] Иванова, 1975. Продукция коловраток общие основы изучения водных экосистем, 141-148.
- [12] Понов, 1969. Сорокин Ю. И Мотенова А. Г. 1969. Экспериментальное изучение питания молоди толстолобика. *Вопросы икhtiология том 9. Вып. 1(154):138-152.*
- [13] Проскурина, 1991. Эколого-биологическая характеристика брахионид рыб. *Хоз*, 12:52-53.

## THE REPRODUCTIONS OF ROTIFERS IN PONDS UNDER LOW TEMPERATURE

Li Yonghan Jin Songdi

(Dalian Fisheries College, 116023)

**ABSTRACT** Rotifer resting egg hatching had been triggered by freezing drying and disturbing at water temperature  $< 10^{\circ}\text{C}$  in fourteen fish ponds at a cold area of China. The developments of rotifers such as *Brachionus calyciflorus*, *B. angularis* etc in the ponds indicated that rotifer peak biomass could be synchronized with the early hatching of local larval fish. Rotifer peak biomass varied from 25.72 to 73.20  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , with an average of  $45 \pm 13.53 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ . The peak period lasted more than 15 days in the experimental ponds corresponded with the curve of logistic equilibrium and was negatively correlated with phytoplankton biomass in ponds ( $n = 12 - 13, r > -0.60$ ). The rotifer development patterns and capacities of supplying food for fish in the ponds under low temperature had been investigated.

**KEY WORDS** *Rotifer*, Reproduction, Low temperature, Open pond