

不同温度对太湖短吻银鱼秋季 孵化的试验研究*

朱成德

(江苏省淡水水产研究所)

摘 要

太湖短吻银鱼是太湖的主要经济鱼类之一。本文在1975和1981年对不同温度下太湖短吻银鱼秋季人工授精孵化进行了8次试验,胚胎发育和孵化仔鱼均属正常,并得到如下统计分析结果:

1. 在试验温度范围内孵化温度与积算温度(A)的相关为 $A = 3441.97 - 93.41t$;
2. 孵化温度与孵化时间(H)的相关为 $\log H = 4.3615 - 1.8946 \log t$;
3. 孵化温度与初孵仔鱼全长(L)的相关为 $\log L = 1.0917 - 0.5246 \log t$ 。

太湖短吻银鱼 (*Neosalanx tangkahkeii taihuensis* Chen) 为淡水定居型银鱼的一个重要种类,在长江中下游的附属大、中型湖泊渔业中占有一定地位。它是太湖的名贵鱼类之一,资源丰富,产量较高,一般年产50—100万斤左右,除春季产卵繁殖之外,每年还有大批鱼群进行秋季产卵繁殖。

关于温度对鱼类胚胎发育和孵化的影响试验,国内外已有过较多的报道与论述(中国科学院实验生物研究所,1962;李璞等,1959;林华英等,1981;Lasker, 1964; Austin等, 1975; Ryland等, 1975),但有关银鱼方面的资料则很少见到(王文滨等,1982)。为此,著者于1975和1981年秋季先后两次在太湖对不同温度下太湖短吻银鱼的秋季人工授精孵化进行了试验,并对不同水温孵化的各次积算温度、孵化时数以及初孵仔鱼的长度等相互关系作了数理统计分析。另外,还从不同温度下的孵化率和温度系数 Q_{10} 值讨论了太湖短吻银鱼秋季孵化的适宜温度。

一、材料和方法

在太湖短吻银鱼秋季产卵繁殖期间,以小船双囊银鱼拖网于湖区捕捞试验用亲鱼,随即进行干法人工授精。

通常研究温度对鱼类胚胎发育影响的试验多采用恒温条件。本试验是在野外自然水温下进行的。将不同时间受精的各批受精卵分别置于玻璃器皿中,利用室内、外不同温差形式的小气候环境进行胚胎发育的孵化试验。一般1—2小时测定水温一次,连续观察胚胎发育情况,以原肠期为标准统计受精率,至最早孵出仔鱼时计算平均水温、积算温度和孵化时数。

*本文承中国科学院动物研究所王文滨先生审阅,并提供宝贵意见,特此致谢。

并统计孵化率。初孵仔鱼十分活跃,用50—60%酒精缓慢麻醉后在显微镜下测量其全长、肛前长与肛后长。

用直线回归方程, $A = a + bt$ 计算温度与积算温度的关系式,再取试验中各次不同平均水温与实际孵化时数、初孵仔鱼长度的相关试验结果,根据 $H = at^b$ 和 $L = at^b$ 分别求出它们之间的曲线回归方程。其中: A = 积算温度(度·时)、 H = 孵化时间(小时)、 L = 仔鱼全长(毫米)、 t = 孵化水温($^{\circ}\text{C}$)。对不同的相关结果各自采用 t 值和 F 值检验,确定其相关程度和显著性差异。

二、结果与分析

太湖短吻银鱼秋季产卵时间一般由9月下旬开始,至11月上旬结束,其产卵高峰大多在10月中旬。根据太湖(西山)水文站近几年的水温资料,太湖短吻银鱼秋季自然孵化的平均水温约在 15.0°C — 23.2°C ,大批产卵孵化为 20°C 左右,详见表1。

表1 太湖(西山站)1976—1980年秋季各旬平均水温($^{\circ}\text{C}$)

年 份	份 月	10月				11月上旬
		9月下旬	上旬	中旬	下旬	
1976		2.22	21.9	20.2	17.6	15.9
1977		22.8	22.2	20.0	20.7	16.6
1978		22.6	22.2	20.0	17.5	15.8
1979		23.2	20.7	20.4	18.0	18.2
1980		20.5	21.9	19.5	16.1	15.0

1975和1981年进行太湖短吻银鱼秋季人工孵化试验共8次,平均水温为 16.8 — 21.5°C 。孵化过程中,各水温梯度的胚胎发育与孵出仔鱼均属正常。各次孵化试验的平均水温、温度范围、积算温度、孵化时数、受精率、孵化率以及初孵仔鱼的长度($\pm$ 标准差)测定详见表2、3和4。

表2 不同温度孵化的积算温度与时数

平均水温 ($^{\circ}\text{C}$)	温度范围 ($^{\circ}\text{C}$)	积算温度 (度·时)	孵文时间 (小时)	试验年份
16.8	11.1—20.5	1945.4	115.8	1981
17.3	13.3—20.6	1823.4	105.4	1981
17.8	14.8—21.8	1730.2	97.2	1981
18.3	15.3—19.7	1667.1	91.1	1981
19.8	16.3—22.5	1609.7	81.3	1975*
20.7	16.7—24.0	1542.2	74.5	1981
21.1	18.0—23.5	1481.2	70.2	1975*
21.5	16.7—25.1	1416.9	65.9	1981

*补充资料

表 3 不同温度的受精率与孵化率

平均水温 (℃)	试验卵数 (粒)	受精卵数 (粒)	受精率 (%)	孵出仔鱼 (尾)	孵化率 (%)
16.8	148	120	81.1	82	68.3
17.3	118	93	78.8	54	58.1
17.8	121	105	86.8	77	73.3
18.3	130	102	78.5	78	76.5
20.7	110	90	81.8	79	87.8
21.5	48	33	68.6	15	45.5

表 4 不同温度初孵仔鱼的长度测量 (毫米)

平均水温 (℃)	测定尾数	全 长	肛 前 长	肛 后 长
16.8	60	2.899±0.031	2.234±0.045	0.665±0.027
17.3	50	2.801±0.267	2.195±0.039	0.606±0.127
17.8	52	2.694±0.108	2.117±0.072	0.577±0.055
18.3	52	2.652±0.091	2.100±0.080	0.550±0.034
20.7	29	2.507±0.075	2.003±0.059	0.504±0.029
21.5	15	2.450±0.103	1.963±0.085	0.487±0.028

1. 不同温度的受精率与孵化率

由表 3 可以看出,在试验水温范围内不同温度的受精率和孵化率也不相同。其受精率

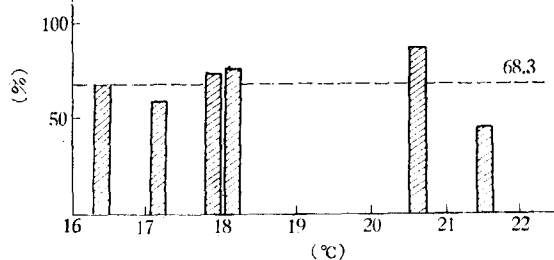


图 1 不同温度对孵化率的影响

在 68.6—86.8%, 平均 78.8%。除最高水温 21.5℃ 较低外,其他水温梯度差异不大;孵化率的范围为 45.5—87.8% (参见图 1), 平均 68.3%, 其中以 21.5℃ 孵化时最低,而以 20.7℃ 最高,并向低温范围逐渐减低。由此可见,太湖短吻银鱼秋季繁殖的受精卵在孵化过程中,由于自然水温的不同对其发育的影响也有差别,即从胚胎发育至孵出仔鱼以 18°—20℃ 水温较为适宜,孵化温度过高或过低都是不利的。

2. 不同温度孵化的积算温度

在 16.8°—21.5℃ 平均水温内孵化,其积算温度的变动范围为 1945.4—1416.9 度·时。根据试验结果不难看出,各次孵化所需要的积算温度均不相同,差别甚为明显,两者成密切的负相关。相关系数 $r = -0.968$, $t = 9.45 > t_{0.001}$, $P < 0.001$, 即孵化水温与积算温度之间的线性相关非常显著,置信度在 99.9% 以上。由表 2 所列数据经统计学方法计算其直线回归方程为:

$$A = 3441.97 - 93.41t$$

对上述方程的回归精度进行方差分析,结果列如表 5。

表 5 水温与积算温度线性相关回归系数的方差分析

方差来源	平方和	自由度	方 差	F值	F _{0.001}	显 著 性
回 归	206268.89	1	206268.89	89.52	35.50	***
剩 余	13825.11	6	2304.19			
总 和	220094.00	7				

$F > 0.001$, 即回归系数有十分显著的意义。

由于剩余标准差 $S = \sqrt{\frac{Q}{n-2}} = 48$,

根据 $A' = a + bt - 2S$ 和 $A'' = a + bt + 2S$, 可以计算得到孵化水温与积算温度回归方程的上限为 $A'' = 3537.97 - 93.41t$, 下限为 $A' = 3345.97 - 93.41t$ 。详见图 2。

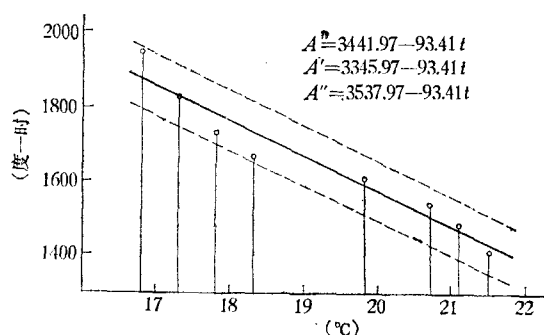


图 2 孵化水温与积算温度的关系

3. 不同温度孵化的时数

由表 2 数据可以看出, 太湖短吻银鱼秋季繁殖在 $16.8^{\circ}\text{C} - 21.5^{\circ}\text{C}$ 平均水温内孵化所需要的孵化时数变动在 115.8—65.9 小时的范围, 两者成明显的负相关。

鱼类孵化研究资料表明, 在一定温度条件下不同水温梯度对其孵化时间的影响速度是不相同的, 通常以低温带孵化时间相差较大 (即陡度大), 高温带的孵化时间差距小 (即陡度小)。

为了定量表示某一温度带内水温变化对鱼类胚胎发育时间的影响, 一般以胚胎发育速度的温度系数 Q_{10} 值表示。即在温度改变 10°C 时发育速度加快或减慢的倍数, 可按 $Q_{10} = \left(\frac{Z_0}{Z_a}\right)^{\frac{10}{t_a - t_0}}$ 计算。

式中: Z_0 表示在温度 t_0 时的孵化时间;

Z_a 表示在温度 t_a 时的孵化时间。

由试验结果可以得到太湖短吻银鱼秋季孵化各温度带的 Q_{10} 值分别为 4.95、2.03 和 3.44, 详见表 6。

表 6 不同温度孵化的 Q_{10} 值

孵 化 水 温		温 度 间 隔	平 均 水 温	Z_a	Z_0	Q_{10} 值
t_a	t_0	$(t_a - t_0)$	$\frac{t_a - t_0}{2}$			
18.3	16.8	1.5	17.55	91.1	115.8	4.95
19.8	18.3	1.5	19.05	81.3	91.1	2.03
21.5	19.8	1.7	20.65	65.9	81.3	3.44

因此, 可以认为孵化时平均水温的上升与孵化时数的缩短不是直线关系, 而成指数相关。用 $H = at^b$ 对本试验结果进行运算, 得到 $\log H = 4.3615 - 1.8946 \log t$ 的曲线回归方程, 相关指数 $R^2 = 0.975$, 即表示水温与孵化时数的实际情况和计算结果的理论曲线拟合度十分紧密。详见图 3。

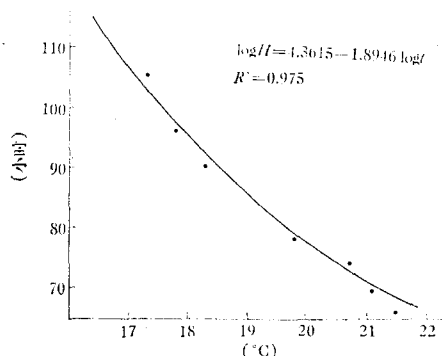


图3 温度与孵化时间的关系

4. 不同温度孵化的仔鱼长度

温度与初孵仔鱼的长度有着密切的关系。在 16.8°—21.5℃ 试验水温范围内，初孵仔鱼的全长变动在平均 2.899—2.450 毫米之间，肛前长平均 2.234—1.963 毫米之间，肛后长 0.665—0.487 毫米。试验结果表明，低温的孵化时间较长，孵出仔鱼的个体长度亦大，高温孵化时间短，初孵仔鱼的个体长度亦小，两者之间成密切的负相关。

根据 6 个温度梯度 258 尾初孵仔鱼的测定数据进行方差分析，其全长、肛前长和肛后长分别之间均有非常明显的显著性差异，置信度均达 99.9% 以上，结果详见表 7。

表 7 不同温度初孵仔鱼长度的方差分析

项目	变异来源	n'	l	M.S	F	P
全长	组间	5	4.9730	0.9946	51.80	<0.001
	组内	252	4.8444	0.0192		
	总变异	257	9.8174			
肛前长	组间	5	1.7886	0.3577	89.43	<0.001
	组内	252	1.0078	0.0040		
	总变异	257	2.7964			
肛后长	组间	5	0.8123	0.1625	37.79	<0.001
	组内	252	1.0881	0.0043		
	总变异	257	1.9004			

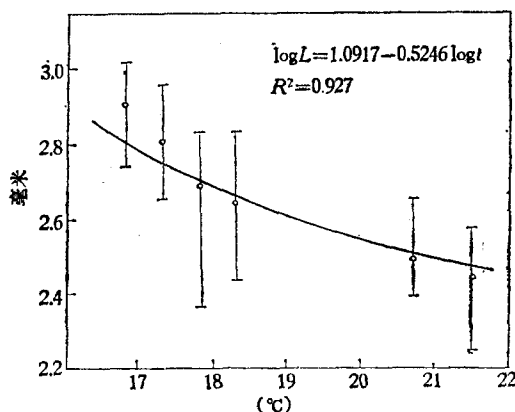


图4 温度与初孵仔鱼全长的相关

孵化水温与初孵仔鱼全长的相关采用 $L = at^b$ 进行计算，得到 $\log L = 1.0917 - 0.5246 \log t$ 的曲线回归方程，相关指数 $R^2 = 0.927$ ，即表示温度与孵化仔鱼全长在一定温度范围内相关显著，实际结果与理论曲线的拟合度十分紧密，详见图 4。

三、小结与讨论

1. 太湖短吻银鱼在太湖中秋季自然孵化的平均水温约在 15.0°—23.2℃，盛产期为 20℃ 左右。在平均温度 16.8°—21.5℃（水温变动范围为 11.1°—25.1℃）时，室内经人工授精的胚胎发育与初孵仔鱼均属正常，平均孵化率可达 68.3%。但是不同水温孵化时的孵化率有所不同，而以平均水温 20.7℃ 和 18.3℃ 较高，这与太湖中秋季自然孵化高峰期的平均水温 20℃ 左右基本一致。

不同鱼类的产卵繁殖要求一定的孵化温度这在很多试验中得到了证明,而且具有一定的适温范围。本试验结果表明,太湖短吻银鱼秋季孵化的适宜水温应为 $18^{\circ}\text{--}20^{\circ}\text{C}$ 左右。

2. 在试验温度范围内,孵化水温与积算温度成明显的负相关,即孵化水温越高其积算温度越低,高低范围在 $1945.4\text{--}1416.9$ 度-时。计算得到相关系数 $r = -0.968, P < 0.001$ 。直线回归方程为:

$$A = 3441.97 - 93.41t$$

尾身东美(1978)在水温对*Spirinchus lanceolatus* (Hikita)的卵子发生和发生速度的影响试验中讨论了温度与积算温度的关系(Omi, 1978),其中以居间温度 7°C 时的积算温度最低,而向高、低温度范围列逐增高。

3. 不同的孵化水温对鱼类胚胎发育速度的影响也不相同,通常以低温带的 Q_{10} 值为大,高温带的 Q_{10} 值为小。中国科学院实验生物研究所(1962)在关于金鱼胚胎发育的温度系数中引用了Детлаф和Тинзбург对鲟科鱼类的研究结果,即当 Q_{10} 值在2附近时的温度带为胚胎发育的最适温度范围。太湖短吻银鱼秋季孵化的试验结果以 $18.3^{\circ}\text{--}19.8^{\circ}\text{C}$ 平均水温时 Q_{10} 值为2.03,其上(低温)、下(高温)两个温度带的 Q_{10} 值分别为4.95和3.44。高温带 Q_{10} 值的增大可能与超过最适温度有关,这一情况也可以从不同水温孵化率的不同结果所表现的适宜水温上得到证明。

4. 在 $16.8^{\circ}\text{--}21.5^{\circ}\text{C}$ 的试验水温范围内,温度与孵化时数成明显的负相关,即孵化水温越高其所需的孵化时间越短,长短范围在 $115.8\text{--}65.9$ 小时。由 $H = at^b$ 计算8个温度梯度的试验结果,可以获得太湖短吻银鱼秋季孵化平均水温与孵化时数的曲线回归方程为:

$$\log H = 4.3615 - 1.8946 \log t$$

相关指数 $R^2 = 0.975$ 。

本回归方程与王文滨等(1982)太湖短吻银鱼春季孵化的 $\log H = 4.2680 - 1.8230 \log t$ 非常接近。根据这一关系式,可以预测太湖短吻银鱼在一定水温范围内秋季自然产卵繁殖的大体孵化时间。

5. 温度与初孵仔鱼的长度有着密切关系。在试验温度范围内两者成明显的负相关,即水温越低,孵出的仔鱼越大,全长大小范围在 $2.899\text{--}2.450$ 毫米。这说明胚胎发育过程中由于低温的影响延长了出膜时间,但接近孵化的胚胎在卵膜内仍然进行长度生长。测定的258尾初孵仔鱼的全长、肛前长与肛后长方差分析表明,6个水温梯度各自长度间具有非常明显的差异, F 值分别达到51.80、89.43和37.79($F_{0.001} = 6.9$), P 均 < 0.001 ,置信度都达到99.9%以上,而且可以认为,肛前长和肛后长各按一定的比例同步增长。采用 $L = at^{b1}$ 计算,得到的曲线回归方程为:

$$\log L = 1.0917 - 0.5246 \log t,$$

相关指数 $R^2 = 0.927$ 。

Morgan II等(1982)在狼鲈(*Morone americana*)卵子发育的温度影响试验中(Morgan等, 1982),也观察到不同温度孵化的仔鱼全长有明显的差异。在 $10^{\circ}\text{--}24^{\circ}\text{C}$ 每 2°C 一组的8个恒温梯度内以 16°C 时孵化的仔鱼全长最大,这一结果与本试验情况显然不同,但却是一种很有意义的现象。

参 考 文 献

- 中国科学院实验生物研究所, 1962 环境温度对金鱼胚胎发育的影响。家鱼人工生殖的研究, 291—298页。科学出版社。
- 王文滨、朱成德等 1982 太湖短吻银鱼春季早期胚胎发育以及温度与其孵化关系的研究。生态学报 2(1):67—76。
- 李璞等 1959 鲫鱼和金鱼胚胎发育的分期。动物学报 11(2):145—157。
- 林华英, 1981 温度对鲤鱼胚胎发育的影响。动物学杂志 (1): 10—13。
- Austin, H.M., A.D. Sasnow and C.R., Hickey, Jr., 1975 The effects of temperature on the development and survival of the eggs and larvae of the Atlantic silverside, *Menidia menidia*. *Trans. Amer. Fish. Soc.* 104(4):762-765.
- Lasker, R., 1964 An experimental study of the effect of temperature on the incubation time, development, and growth of Pacific sardine embryos and larvae. *Copeia* (2):399-405.
- Morgan II, R.P. and V.J. Rasin, Jr., 1982 Influence of temperature and Salinity on development of white perch eggs. *Trans. Amer. Fish. Soc.* 111(3):396-398.
- Omi, H., 1978 The normal embryonic development and the effect of temperature on its speed of the long finned smelt, *Spiirinchus lanceolatus* (Hikita). *J. Hokkaido Fish. Exp. St.* 35(2):10-20.
- Ryland, J.S., J.H. Nichols 1975 Effect of temperature on the embryonic development of the plaice, *Pleuronectes platessa* L. (Teleostei). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 18(2):121—137.

EXPERIMENTAL STUDIES ON INCUBATION OF SHORT-SNOUT ICE-FISH AT DIFFERENT GRADIENT TEMPERATURES IN AUTUMN

Zhu Chengde

(Freshwater Fisheries Research Institute, Jiangsu Province)

The short-snout ice-fish, *Neosalanx tangkahkeii taihuensis* Chen, is one of the commercial fishes in Tai Hu Lake. During autumn spawning seasons of 1975 and 1981, 8 experiments on incubation of this fish by artificial fertilization at different gradient temperatures were conducted. These experiments show that embryo development and hatching of larvae were normal. The results of a statistical analyses of these experiments are as follows:

1. There is a correlation between the hatching temperature and the accumulated temperature (A).

$$A = 3441.97 - 93.41t$$

2. There is a correlation between the hatching temperature and the incubation time (H).

$$\log H = 4.3615 - 1.8946 \log t$$

3. There is a correlation between the hatching temperature and the total length of the newly hatched larva (L).

$$\log L = 1.0917 - 0.5246 \log t$$