

鳗鲡(*Anguilla japonica*)胚胎发育 与水温 and 盐度的关系

谢 刚 祁宝伦 曾 超 余德光

(中国水产科学研究院珠江水产研究所, 广州 510380)

摘 要 实验结果表明, 鳗鲡胚胎发育与水温 and 盐度关系密切, 在一定的水温范围内, 胚胎发育所需时间与水温呈负相关关系, $y = 246.775e^{-0.082x}$ 。其合适水温范围是 20–26℃, 临界水温上限 30℃, 下限 16℃; 胚胎发育的合适盐度范围是 15–35‰, 临界盐度上限 40–45‰, 下限 5–10‰。胚胎孵化率与盐度呈二次曲线相关关系, $y = -36.93 + 9.23x - 0.19x^2$ 。

关键词 鳗鲡, 胚胎发育, 水温, 盐度

前 言

鳗鲡 (*Anguilla japonica*) 是世界性的优良养殖鱼类之一。由于人工繁殖尚未取得成功, 因此, 长期以来鳗苗全靠在近海岸及河口一带捕捞。而自然产卵受精的胚胎发育还未见有报道。关于人工催产获得的胚胎发育过程的研究, 国内外均有报道^[2,6]。但还未见有详细研究不同温度和盐度对胚胎发育影响的报道。作者近几年在进行鳗鲡人工繁殖的研究中, 进行了较详细的不同水温和盐度对胚胎发育影响的观察, 初步确定胚胎发育的合适水温和盐度范围。这一研究结果不仅有助于正确推断鳗鲡的天然产卵场, 而且对突破人工繁殖育苗难关亦有一定的理论和实践意义。

材 料 和 方 法

实验材料取自 1992–1994 年人工催产获得的正常发育胚胎 (受精率均在 50% 以上)。每次实验都取同一批胚胎, 同时进行水温和盐度梯度实验。实验用水是经砂过滤的新鲜自然海水。实验胚胎都是经解剖镜下挑选的发育正常的早期胚胎 (发育期处于 64 细胞之前)。

水温实验都固定同一盐度 (32‰) 和 pH (7)。水温变幅 $\pm 0.5^\circ\text{C}$, 测温计经标准温度计校准。为了不致因温度突变而影响实验的准确性, 各实验组胚胎均以产卵水温为基点, 平均大约以每 10 分钟升或降 1°C , 使各组胚胎的水温逐渐达到预定温度。实验胚胎放于烧杯中, 水量 500ml, 每烧杯放胚胎 50 个, 恒温水浴孵化。每一实验温度设两个平行

收稿日期: 1994-09-28。

组, 取其结果平均值。孵化时间是从受精开始至实验组孵出 3-5 尾仔鱼时为止。

盐度实验都固定同一水温 (23℃) 和 pH (7)。各盐度梯度用经日晒浓缩的自然海水与洁净井水配制。用日产 ATAGO (8606) 手提式盐度计测定各盐度值。对照组盐度 32‰。实验方法与水温实验相同。原肠期死亡率是以肉眼观察到胚胎死亡变白为准。上述水温和盐度的每项实验内容均重复 4-5 次, 取结果较为一致的各次数据平均值。

结 果

(一) 胚胎发育与水温的关系

1. 不同水温对胚胎发育至原肠期和出膜期所需时间的影响

就一般规律而言, 鱼类胚胎发育与水温高低有着密切关系。在一定温度范围内, 水温越高发育越快, 反之则越慢。本实验结果, 鳗鲡胚胎发育同样遵循此规律。实验结果见表 1 和图 1。由表 1 可以看出, 胚胎在 16-30℃ 范围内的 15 个温度下发育, 孵化时间都随着温度的升高而缩短。例如 21℃ 恒温下, 从受精至原肠期需 14 时 0 分, 至孵出需 39 时 50 分, 而 28℃ 恒温下, 从受精至原肠期需 10 时 55 分, 至孵出需 26 时 5 分。表明胚胎发育所需时间与水温呈负相关关系。二者符合指数函数关系 $y = ae^{bx}$ 。数理统计结果 $y = 246.775e^{-0.082x}$ 。(x 为水温, y 为时间)。由表 1 还可以看出, 鳗鲡胚胎在上述温度范围的较低温度带内的某两个间隔温度下发育所需时间之差, 都大于较高温度带内的另两个间隔相同的温度下发育所需时间之差。如从受精至孵出, 20℃ 比 24℃ 多 12 时 30 分, 而 25℃ 比 29℃ 只多 5 时 0 分。可见较低温度带内的各温度对胚胎发育速度影响较大, 而较高温度带内的各温度对胚胎发育速度影响较小。

2. 水温对孵化率的影响

由表 1 可知, 在其他条件相同下, 不同温度对鳗鲡胚胎孵化率的影响是不同的。其中 19-26℃ 范围对孵化率的影响较小, 而在 19℃ 以下和 28℃ 以上对孵化率的影响明显。当水温降至 15℃ 及其以下, 或升至 31℃ 及其以上时, 胚胎完全不能正常孵出。因此若直观地从其实际孵化百分率来看, 鳗鲡胚胎可以发育至孵出的温度范围是 16-30℃, 合适的孵化温度范围应是 19-26℃, 临界温度的下限和上限应是 16℃ 和 30℃。

3. 胚胎发育速度的温度系数

由图 1 可见, 在不同温度带内, 曲线的斜度并不一样, 如 23-30℃ 的一段曲线比 16-22℃ 的一段曲线的斜度小, 也就是说, 不同温度对胚胎发育时间的影响, 上述的较低温度带比较高温度带显著。为了定量表示某一温度带内的温度变化对胚胎发育时间的影响, 通常采用胚胎发育速度的温度系数 Q_{10} 值来表示。公式是 $Q_{10} = \left(\frac{Z_o}{Z_a}\right)^{\frac{10}{t_a - t_o}}$ 。式中 Q_{10} 表示温度改变 10℃ 时, 发育速度加快的倍数; Z_o 表示在温度 t_o 时, 发育至孵出持续的时间; Z_a 表示在温度 t_a 时, 发育至孵出持续的时间。杰特拉弗等学者在对上述公式的使用中指出: 由于在温度变化 10℃ 时, 温度系数在 10℃ 间隔内的不同部分常不一样, 通常计算较小的温度间隔。这时温度系数表示, 在温度增高 10℃ 时发育速度增加的倍数^[3]。如果在该温度间隔内 (由 t_o 到 t_a) 加快是恒定的与均等的话。并且根据他们对鲟鱼类的大量研究表明: Q_{10} 值若在 2 附近时 ($2 \pm 0.2-0.3$), 这一温度带就是胚胎发育的

最适温度范围^[3]。若这一论点也适用于鳗鲡胚胎发育的话, 那末由表 2 可知, 在以 5℃ 温度间隔计算出来的各温度带的 Q_{10} 值中, 20–25℃ 和 21–26℃ 的 Q_{10} 值最接近 2。分别是 2.184 和 1.930。故可认为 20–26℃ 是鳗鲡胚胎发育的最适温度范围。这与上述 2 的实际观察结果是相当吻合的。因此, 作者认为鳗鲡胚胎发育的合适水温范围是 20–26℃。

表 1 在不同水温下鳗鲡胚胎发育所需时间及孵化率的比较(盐度: 32‰, pH: 7)

Table 1 Comparison of total time of embryonic development and hatching rate in different water temperature (S: 32‰, pH:7)

发育积时 Total time of dev.	发育期 Period of development	原肠期(时, 分) Gastrula stage (hour, min.)	出膜期(时, 分) Hatching out stage (hour, min.)	孵化率(%) Hatching rate(%)	注 Explain
温度(℃) Temperature (℃)					
12				0	27 时已全死
13				0	同上
14				0	35 时已全死
15				0	96 时已全死
16		19.30'	82.20'	2	
17		18.10'	68.20'	8	
18		17.0'	57.30'	32	
19		15.50'	50.10'	44	
20		14.45'	44.35'	42	
21		14.0'	39.50'	50	
22		13.25'	36.40'	48	
23		12.50'	34.25'	46	
24		12.25'	32.05'	49	
25		12.0'	30.10'	46	
26		11.40'	28.40'	42	
27		11.15'	27.20'	27	
28		10.55'	26.05'	12	
29		10.40'	25.10'	7	
30		10.30'	24.30'	5	
31					17 时已全死
32					12 时已全死
33					11 时已全死
34					11 时已全死

表 2 鳗鲡胚胎发育的温度系数 Q_{10} 值Table 2 Q_{10} value of temperature coefficient of embryonic development of the eel

温度带(℃) Tem. band(℃)		温度间隔(℃) Tem. difference (℃)	平均温度(℃) Average tem. (℃)	Za(分) Za (min.)	Zo(分) Zo(min.)	Q10 值 Q10 Value
ta	to	ta-to	ta+to / 2			
21	16	5	18.5	2390	4940	4.272
22	17	5	19.5	2200	4100	3.474
23	18	5	20.5	2065	3450	2.792
24	19	5	21.5	1925	3010	2.446
25	20	5	22.5	1810	2675	2.184
26	21	5	23.5	1720	2390	1.930
27	22	5	24.5	1640	2200	1.799
28	23	5	25.5	1565	2065	1.740
29	24	5	26.5	1510	1925	1.625
30	25	5	27.5	1470	1810	1.516

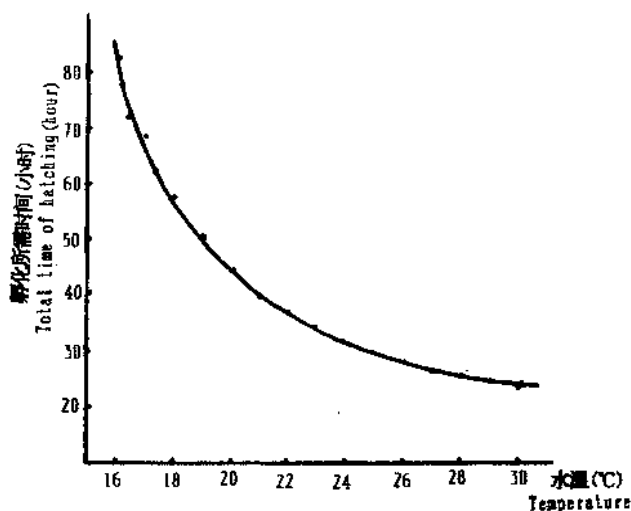


图 1 鳗鲡胚胎发育时间与水温的关系

Fig. 1 Relationship between the time of embryonic development of the eel and water temperature

(二)胚胎发育与盐度的关系

1. 盐度对孵化率的影响

实验结果见表 3。由表 3 可见,不同盐度对胚胎孵化率的影响是不同的。其中在某一定范围内影响较小。如在 15–35‰之间,其孵化率比较接近对照组,而低于或高于此范围则影响较明显。到达某低或高盐度时,孵化率为 0。由此作者认为鳗鲡胚胎可以孵化的盐度范围是 5–40‰,合适的孵化盐度是 15–35‰,而临界盐度下限 5–10‰,上限

40-45‰。由于本实验的盐度梯度间距为 5‰, 故实验的结果与实际会稍有误差。按实测值作点图分析, 可知孵化率与盐度之间呈二次曲线函数关系, $y=a+bx+cx^2$ 。数理统计结果 $y=-36.93+9.23x-0.19x^2$ (x 为盐度, y 为孵化率), 并由此理论方程式绘成图 2。

2. 盐度对孵化时间的影响

由表 3 可以看出, 从受精开始发育到原肠期的过程中, 胚胎在各盐度梯度下发育所需时间均与对照组差不多一致, 但发育到出膜期所需时间则各有不同。其中在盐度 20-35‰ 之间, 胚胎孵化所需时间均与对照组差不多一致。但在此范围以外的各盐度梯度中, 孵化所需时间就明显延长。表明盐度过高或过低对胚胎发育都起抑制作用。当超过临界盐度时, 胚胎就不能正常孵出, 或发育到某一阶段便夭折。

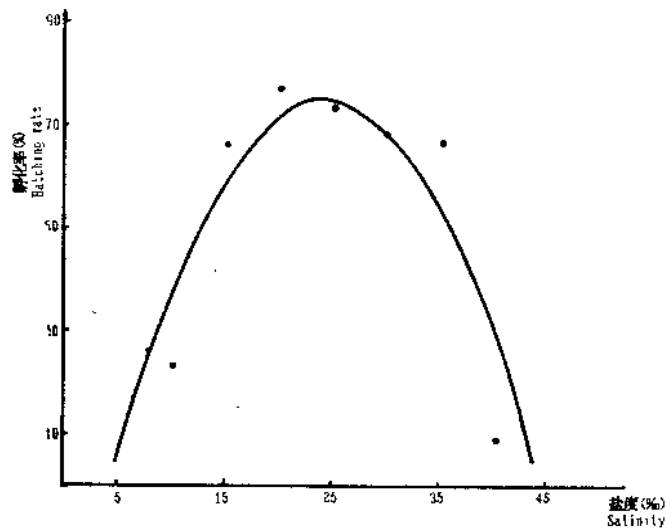


图 2 不同盐度对鳗鲡胚胎孵化率的影响

Fig. 2 Effects of different salinity on hatching rate of embryo of the eel

表 3 不同盐度对鳗鲡胚胎发育时间的影响

Table 3 Effects of different salinity on time of embryonic development of the eel

	盐度(‰) Salinity(‰)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	对照组 Control
原 肠 期 Gastrula stage	死亡率(%) Mortality(%)	5.0	2.5	5.0	2.5	2.5	5.0	2.5	5.0	2.5	2.5	10.0	5.0
	发育至原肠期时间(时,分) Time of developing to gastrula stage (hour, min.)	13.05	12.55	13.00	12.55	12.50	12.55	12.50	12.55	12.50	13.05	13.00	12.50
出 膜 期 Hatching out stage	孵化率(%) Hatching rate(%)	0	0	23.2	66.6	76.8	73.2	69.0	66.8	9.2	0	0	69.6
	孵化时间(时,分) Hatching time (hour, min.)			35.35	35.05	34.35	34.30	34.35	34.35	37.35			34.35

讨 论

1. 鳗鲡是降海洄游产卵鱼类,但到目前为止还未见有报道能在自然海区捕到性腺发育成熟的雌雄亲鳗。而在江河出口附近捕到的降海雌鳗性腺成熟系数仅 2-4% 左右。用人工催熟的方法能够使鳗鲡发育到完全性成熟。雌鱼成熟系数达到 50% 或稍高,并且用人工方法可以使雌雄鱼自行产卵受精,孵化出苗^[1,5]。而且有一些批次的受精率相当高,达到 85% 以上。孵出的仔鱼体直,活动正常,畸型仔鱼极少。另方面据王义强等学者的报道,鳗鲡人工繁殖获得的胚胎,其发育过程与其他硬骨鱼类基本相似^[2]。作者的研究结果也与他们的一致。同时本实验结果,胚胎发育与水温关系密切,在一定的水温范围内,胚胎发育需时与水温呈负相关关系。这也和大多数硬骨鱼类相似。因此,从上述这些研究结果来看,作者认为仔鳗之所以至今未能培育成功,其关键原因应是后天生态因子问题。

2. 关于鳗鲡在自然界产卵的水层,过去水产学者都是靠采集到的叶状幼体而推断出来的。如 Schmidt 报道鳗鲡在水深 200-300 米,水温 17-20℃ 的海区产卵^[7];松井魁报道是约在水深 400-500 米,水温 16-17℃,盐度 35‰ 以上的水层中产卵和孵化^[4]。由于无人报道过捕获性成熟的鳗鲡或采收到刚受精的胚胎,因此人们一直对“鳗鲡是在数百米深海中产卵”的推断没有异议。后来王义强等通过鳗鲡人工繁殖的研究后,对上述的推断曾提出过异议,认为有可能在海表层产卵^[1]。

通常,每种鱼的胚胎发育的合适水温和盐度都是它们对自然环境长期适应的结果,已形成种的特性之一。由此推测鳗鲡天然产卵场的水温和盐度,按理应在其胚胎发育的合适水温和盐度范围之内。但是本实验结果,鳗鲡胚胎发育的合适水温是 20-26℃,合适盐度是 15-35‰,而这两项主要的生态条件均与上述的推断“在数百米深海中产卵”的水温和盐度相差较大。因此,作者认为“鳗鲡是在数百米深海中产卵”的这一推断是值得商榷的。

参 考 文 献

- [1] 王义强等,1980。河鳗人工繁殖的初步研究。水产学报,4 (2): 147-156。
- [2] 厦门水产学院等,1980。河鳗的早期发育。水产科技文集,(1):122-125。
- [3] 杰特拉弗等(张贵寅等译),1958。鲑鱼类的胚胎发育与其养殖问题,175-193。科学出版社。
- [4] 松井魁等(刘海金等译),1978。鳗鲡生物学和人工养殖,10-11。科学出版社。
- [5] 山本喜一郎等,1974。サケ、マス类脑下垂体投与による雌ウナギ催熟。日本水产学会志,40(1):1-7。
- [6] 山本喜一郎等,1975。ウナギの前しらトクワアルス期の仔魚にフじて。日本水产学会志,41(1):29-34。
- [7] Schmidt, J., 1922. The breeding places of the eel. Philoso. Roy. Soc. London, ser. B 211, 179-208。

* 谢刚等,1990。某些外源药物和外界因素对鳗鱼性腺发育的影响。珠江水产 (15): 37-42。

RELATIONSHIP BETWEEN EMBRYONIC DEVELOPMENT OF THE EEL (*ANGUILLA JAPONICA*) AND WATER TEMPERATURE AND SALINITY

Xie Gang Qi Baolun Zeng Chao Yu Deguang

(Pearl River Fishery Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guang Zhou 510380)

ABSTRACT The result of experiment shows that embryonic development of the eel is closely related to water temperature and salinity. There existed a negative correlation between embryonic development time (Y) and water temperature (X) in a certain range of water temperatures: $Y = 246.775e^{-0.082X}$. The suitable water temperature for embryonic development ranges from 20–26°C, the maximum being 30°C and the minimum 16°C. The suitable salinity for embryonic development ranges from about 15–35‰, the maximum being about 40–45‰ and the minimum about 5–10‰. There existed a square curve correlation between hatching rate of embryo(Y) and salinity (X): $Y = -36.93 + 9.23X - 0.19X^2$.

KEYWORDS Eel, Embryonic development, Water temperature, Salinity