

太湖产乔氏短吻银鱼的胚胎发育*

张 开 翔

(中国科学院南京地理研究所)

提 要

本文阐述了乔氏短吻银鱼受精卵的发育与孵化过程,并联系其胚胎发育的形态生态特点,建议保护产卵基质——沉水植物,以增殖银鱼。同时认为,以活卵为材料,向某些水库和内陆湖泊移殖这种经济鱼类是有实践意义的。

乔氏短吻银鱼 [*Salanjichthys (Neosalanx) jordani* Wakiya et Takahasi] 广泛分布于我国东部平原地区湖泊,是经济鱼类之一。为探索其人工增殖途径,以及积累一些繁殖生物学的基本资料,笔者于1981年及1983年两年春季在本所东太湖综合研究基地作了这一银鱼人工孵化的试验。鉴于迄今尚未见到有对这种银鱼胚胎发育的报道,故将材料整理发表以备参考。

材 料 与 方 法

亲鱼捕于太湖的小北湖及东太湖产卵场。捕获后当即在船上选取性腺处于V期的亲鱼实行干法授精。操作时先将雌鱼卵挤于直径8厘米的培养皿内。随即挤入精液,当轻压雄鱼腹部时,若仔细观察,可见有微滴精液喷出。紧接着用吸管吸取经过滤的湖水于皿中,轻轻摇晃,静置数分钟后,换水3—4次,以清除皿中的剩余精液及未成熟鱼卵和卵巢组织等,然后将培养皿移入500毫升玻璃烧杯(内盛水400毫升左右)。带回实验室,用吸管吸出3—5粒受精卵放入凹玻片内,在显微镜下进行发育观察。人工授精共试验四次,每次人工授精所得受精卵的发育都很正常,经过各个发育阶段之后都孵出活泼健壮的仔鱼。

孵出的仔鱼培养于玻璃烧杯内,观察时用吸管吸入凹玻片,加2—3滴5%氨基甲酸乙酯溶液将其麻醉,以便观察。

为了取得可靠的科学实验资料,我们于观察、记录受精卵发育的同时,还对这四次受精卵的发育与孵化作了活体显微照相。

实 验 结 果

乔氏短吻银鱼四次人工授精和孵化共得仔鱼865尾(表1)

* 参加工作的还有金长义同志。

表 1 受精卵的孵化情况

年 份	采集地点	受精时间	孵化水温(℃)	孵出时间*	孵化时数	孵出仔鱼(尾)
1981	小北湖	4月26日12时30分	17.0—24.1	4月30日19时42分	103小时12分	109
1981	东太湖	5月3日14时45分	14.5—25.0	5月8日19时08分	118小时23分	61
1982	东太湖	4月8日14时12分	13.4—18.8	4月14日19时14分	149小时02分	536
1982	东太湖	4月27日13时42分	14.0—24.9	5月3日17时03分	147小时21分	159

* 系开始孵出仔鱼的时间,出膜不一致,每批全部仔鱼孵出分别延续23小时30分乃至2或3天。

现依据第三次孵化将受精卵的发育与孵化过程叙述如下:

1. 胚胎期

(1) 卵膜丝、卵周隙及胚盘形成 成熟卵为圆球或近圆球形,卵径0.59—0.73毫米,平均0.64毫米。由细丝构成的外卵膜具有很强的粘附性。每枚受精卵有卵膜丝8—13根,从卵膜孔边缘辐射出来,并且向着卵膜孔相对极一分再分、互相接合,排列成网络状,几乎覆盖着卵的整个表面。

卵子受精后不久,卵膜吸水,随即开始膨胀,使卵膜丝自卵膜孔相对一极断裂,卵自卵膜丝网络中转出,卵膜丝只在卵膜孔边缘处与卵相连,游离的卵膜丝聚合成一束,仿佛一个小柄,粘着于沉水植物以及所接触到的其它基质上,保持着良好的呼吸条件,直至仔鱼从胚胎中孵出。在试验中受精卵则牢固地粘着于培养皿底部,用解剖针挑断丝束后方可吸出。实验过程中我们还观察到3—5粒甚至10余粒受精卵借丝束互相粘连,且正常发育至仔鱼孵出。

随着卵膜吸水膨胀,在质膜与卵膜之间出现卵周隙,大约经过40分钟,卵周隙显得十分清晰(图1)。随后,卵黄粒沉于植物极,原生质开始逐渐集中于动物极,形成胚盘。在水温15.6℃情况下,自受精至胚盘形成历时2小时49分(图2)。

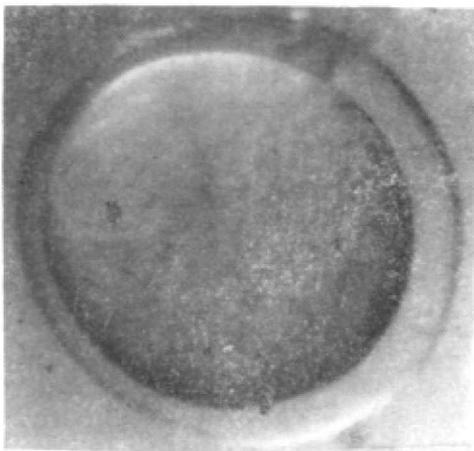


图1 受精卵,出现卵周隙

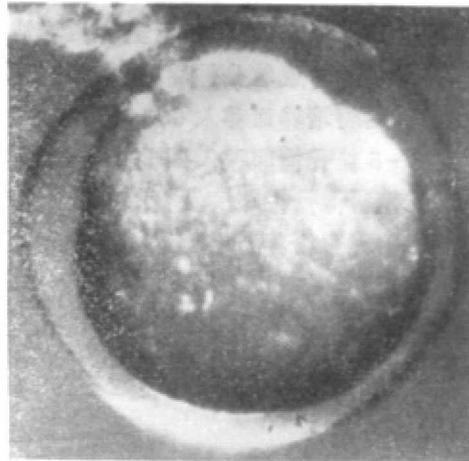


图2 胚盘形成

(2) 卵裂至囊胚 受精后3小时21分,当水温15.8℃时,在胚盘顶部出现第一次分裂沟,完成首次分割进入2细胞期(图3)。随后开始第二次分割,卵裂垂直于第一次分裂

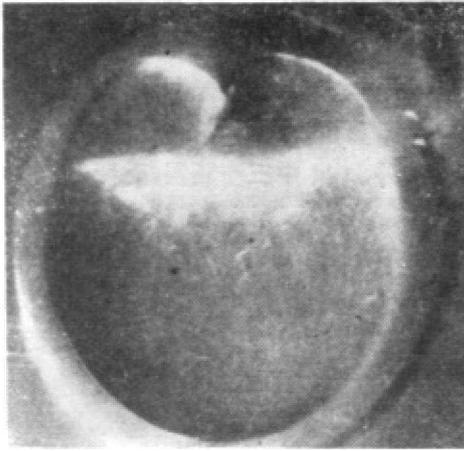


图3 2细胞期

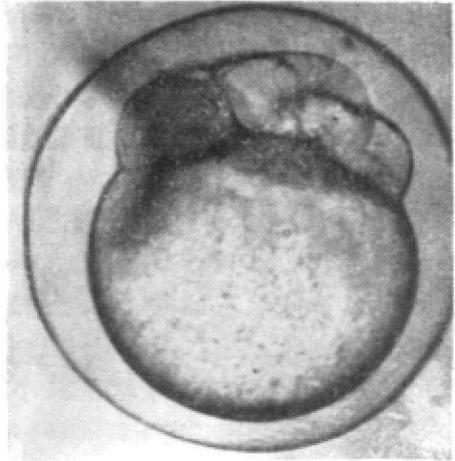


图4 8细胞期

沟,于受精后3小时55分,当水温 16.1°C 时,进入4细胞期。第三次卵裂具二条分裂沟,平行于首次分裂沟;于受精后4小时33分,当水温 16.1°C 时,分裂为8个细胞(图4)。第四次卵裂具二条分裂沟,平行于第二次分裂沟;于受精后5小时10分,当水温 16.2°C 时,分成16个细胞。第五次卵裂具四条分裂沟,与第一和第三次分裂沟相间平行出现;于受精后6小时06分,当水温 16.2°C 时,分成32个细胞。随后又经过几次分裂,于受精后8小时50分,当水温 16.9°C 时,进入大细胞桑椹期(图5)。细胞继续分裂,于受精后10小时02分,当水温 16.8°C 时,进入中细胞桑椹期。桑椹胚继续发育,数目增多,形状细小,于受精后11小时42分,当水温 17.1°C 时,进入小细胞桑椹期。

在卵裂过程中,卵膜孔在相对位置上由动物极向植物极移动。桑椹期时卵膜孔已位于两极交界略偏于植物极处。由此可见,胚胎在卵周隙内有转动现象。

随着卵裂继续进行,细胞数目愈益增多,并且越来越小。内层细胞出现腔隙,于受精后12小时50分,当水温 16.8°C 时,进入高囊胚期。囊胚继续发育,细胞更为细小,外层

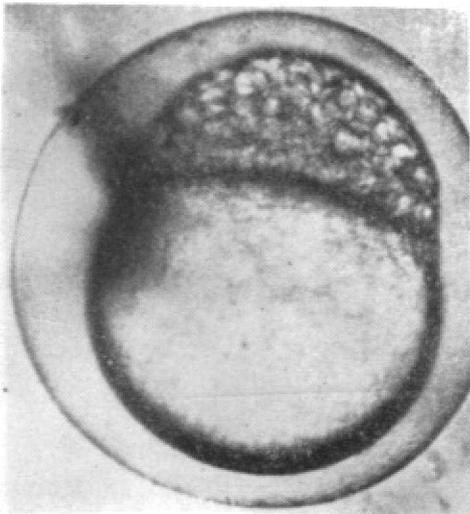


图5 大细胞桑椹期

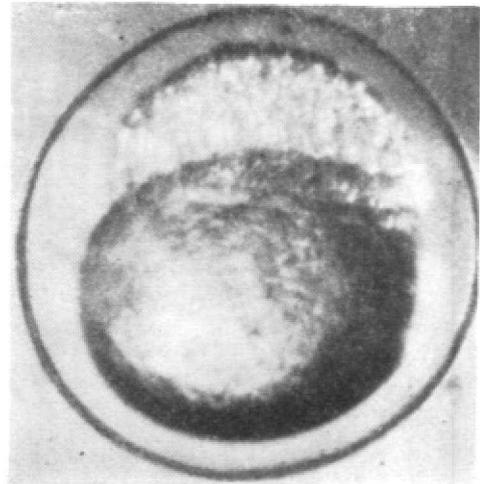


图6 低囊胚期

细胞界限已经模糊,囊胚减低,于受精后 14 小时 29 分,当水温 16.5°C 时,进入低囊胚期。此时卵膜孔已进一步移至近植物极大约四分之一处(图 6)。

这阶段改变了胚盘细胞的性质,并且发生初步的分化,在胚盘基部由于分裂的结果而形成了胚周区(多核合胞体),并与胚盘边缘的细胞及卵黄相触及。

(3) 原肠和胚体形成 随着囊胚逐渐下包,形成外、内、中三个胚层,受精后 15 小时 39 分,当水温 16.2°C 时,突出在胚盘边缘下面的呈狭带状的胚周区移向植物极,并形成一透亮的胚环(图 7)。接着胚环向植物极延伸,囊胚继续下包,下缘周边愈来愈厚,于受精后 18 小时 29 分,当水温 16.2°C 时,下包约五分之二,进入原肠早期(图 8)。受精后 21 小时 41 分,当水温 16.0°C 时,原肠下包五分之三左右,进入原肠中期,未包入的卵黄形如栓塞,又称大卵黄栓期(图 9)。受精后 24 小时 59 分,当水温 15.8°C 时,原肠下包达全卵的五分之四以上,胚环增宽且向下移动,进入原肠晚期。仅剩少量卵黄未被包入,胚孔缩小为小圆圈,又称小卵黄栓期(图 10)。

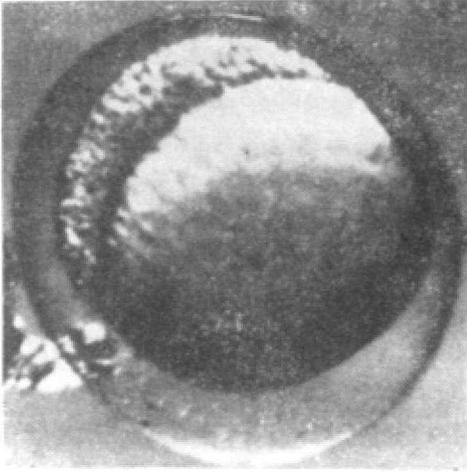


图 7 胚周区向植物极移动,示透亮的胚环

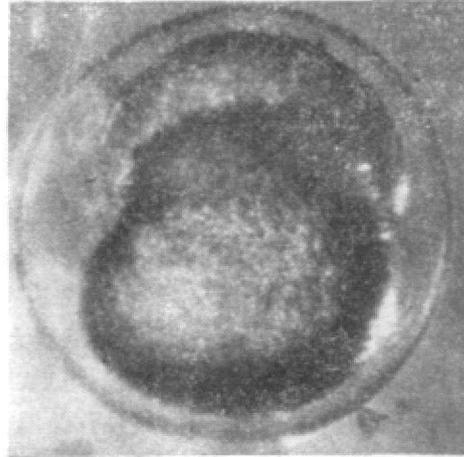


图 8 原肠早期

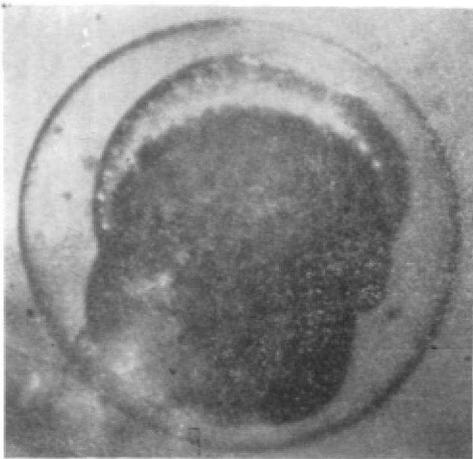


图 9 原肠中期

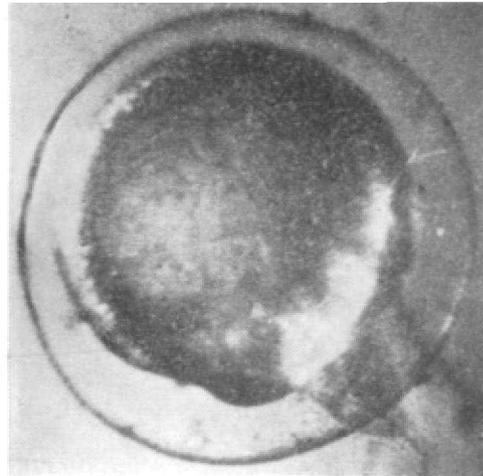


图 10 原肠晚期

原肠下包和内卷继续进行,受精后 28 小时 54 分,当水温 17.8°C 时,背侧出现神经沟,进入神经胚后期,初具胚体雏形,能够分辨头部与尾部(图 11)。受精后 31 小时 07 分,当水温 18.7°C 时胚孔完全封闭,头尾分化更为明显。神经管前端分化为前脑、中脑,菱脑三部分(图 12)。

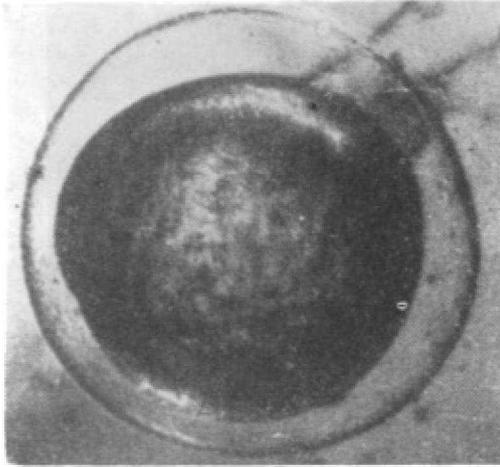


图 11 神经胚

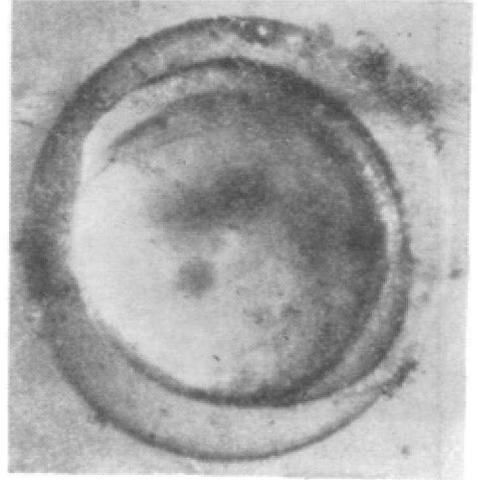


图 12 外包完成

(4) 器官发生与组织分化 受精后 36 小时 01 分,当水温 17.8°C 时,卵黄囊内陷,眼泡显露,胚体中部出现 5 对肌节(图 13)。随后,胚体继续发育伸展,体节由体背中部向前、后两端增长。受精后 38 小时 49 分,当水温 17.7°C 时,眼泡中部出现一窄隙,可见脑已分化为端脑,间脑,中脑,后脑和延脑,尾芽开始出现,其前方处出现克氏囊。受精后 41 小时 19 分,当水温 19.0°C 时,可见延脑后部的两侧出现听泡。视泡中部之裂隙较前有所扩大,克氏囊清晰,肌节约 14 对。受精后 44 小时 05 分,当水温 17.3°C 时,嗅囊出现。视泡外层陷下,视杯形成。受精后 47 小时 59 分,当水温 17.1°C 时,晶状体出现。心脏原基于听泡的下方及卵黄囊上方显露,嗅囊清晰,尾鳍膜明显。克氏囊十分清晰。肌节约 24 对(图

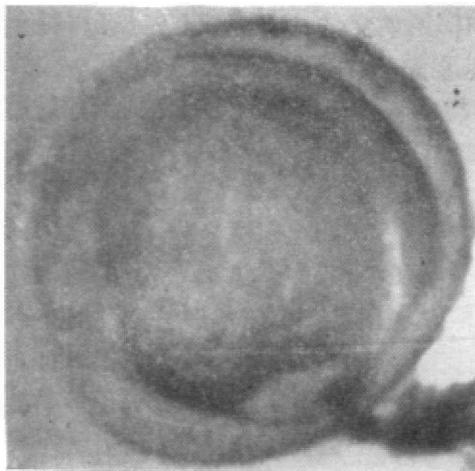


图 13 眼泡形成



图 14 晶状体出现(腹面观)

14)。受精后 60 小时 10 分,当水温 16.9°C 时,背鳍膜已清晰可见,心脏发育逐渐明显,呈亮绿色,胚体环卵接近一卵周。受精后 63 小时 34 分,当水温 16.3°C 时,胚体环卵一周,头端与尾端刚刚接触。心脏尚未跳动。胚体也未见有抽动迹象(图 15)。

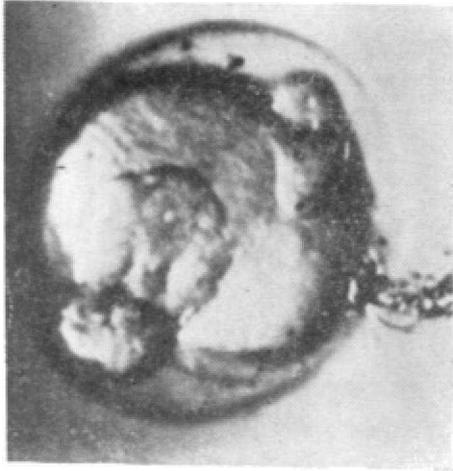


图 15 胚体环卵一周(腹面观)

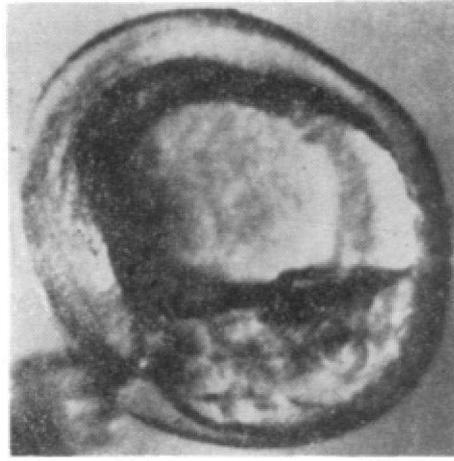


图 16 心跳期

(5) 胚体抽动与心脏搏动 受精后 69 小时 36 分,当水温 16.4°C 时,胚体环卵略超一周,胚体中部开始缓慢而轻微地抽动,时而 3—4 分钟抽动一次,时而每分钟抽动 1—2 次。听泡内显露出 2 个细小的亮绿色耳面。尾梢已从卵黄囊分离,肌节约 33 对。受精后 74 小时 46 分,当水温 16.5°C 时,胚体抽动次数增加心脏已经十分清晰,开始缓慢而轻微地跳动(每分钟 2—3 次)。受精后 76 小时 17 分,当水温 16.9°C 时,心跳次数增加,节奏明显(每分钟 21 次)。心包腔清楚。听泡内的二个耳面增大、清晰(图 16)。

(6) 孵化腺出现及胚体开始沉积色素 受精后 81 小时 49 分,当水温 16.0°C 时,胚体环卵约 $1\frac{1}{2}$ 卵周,头部和体表出现孵化腺。眼部开始显露黑色素。晶体、嗅囊十分清晰。受精后 114 小时 32 分,当水温 15.2°C 时,胚体环卵约 $1\frac{2}{3}$ 卵周,孵化腺增多、清晰,胚胎在卵膜内频频扭转,呈蛇形盘曲。藉此促进卵周液的混合,以改善胚胎在卵膜内的呼吸条件。受精后 123 小时 09 分,当水温 16.8°C 时,眼部黑色素增多,视网膜色素淡黄,尾全部及腹之一部分已从卵黄囊分离。胚胎更为频繁地在卵膜内扭动,翻转(图 17)。

(7) 仔鱼孵出 胚胎接近孵出时,胚体环卵将近 2 卵周,卵黄囊缩小,时而作蛇形扭动,时而全身抖动,眼视网膜色素转为棕黄(图 18)。在孵化腺分泌物对卵膜的溶解^[9],以及胚体不时剧烈转动作用下,于受精后 149 小时 02 分,当水温 18.2°C 时,卵膜破裂,仔鱼孵出。

我们曾在显微镜下逐尾观察过 42 尾仔鱼的出膜情况,即将孵出时,心博每分钟 176—207 次,可见胚体时而眨动眼球,时而剧烈扭动转体。出膜方式多样,其中以尾部先弹出膜外者最多(图 19),共 19 尾,占 45.24%;头部突出卵膜的(图 20)次之,共 13 尾,占 30.95%;背部突出膜外者(图 21)较少,共 6 尾,占 14.29%;更少量以胸部甚至卵黄囊先突出膜外的(图 22,23),各见 2 尾,都仅占 4.76%。除见到以头部先突出膜外者的个别仔鱼以极快速度瞬间脱膜外,其余都是经几次挣动以后方才整体出膜。绝大多数仔鱼都是



图 17 尾部脱离卵黄囊

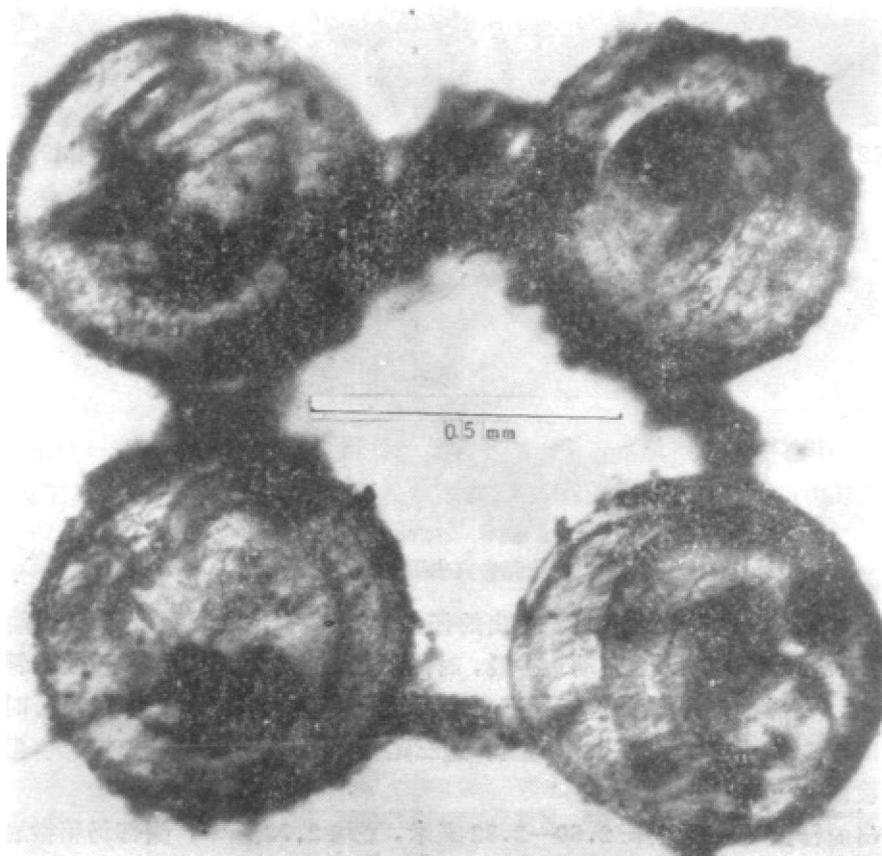


图 18 出膜前期,示 4 个借丝来相连,并且都即将出膜的胚胎

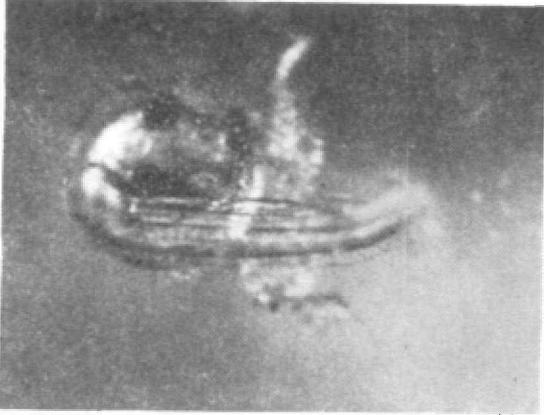


图 19 尾部先出膜的孵化情形

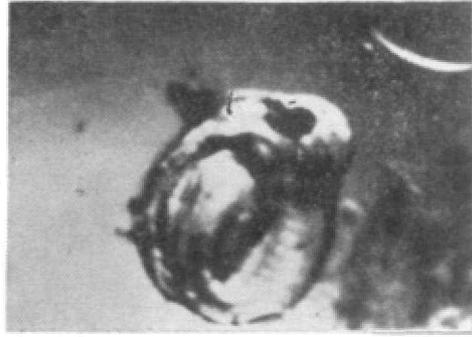


图 20 头部先出膜的孵化情形

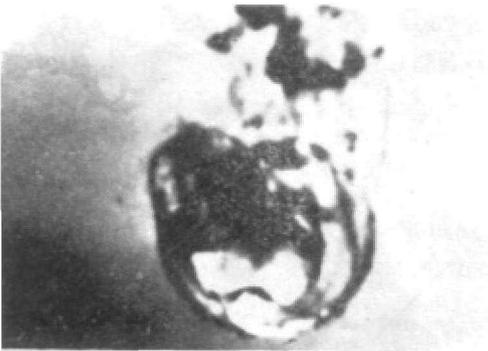


图 21 背部先突出膜外的孵化情形

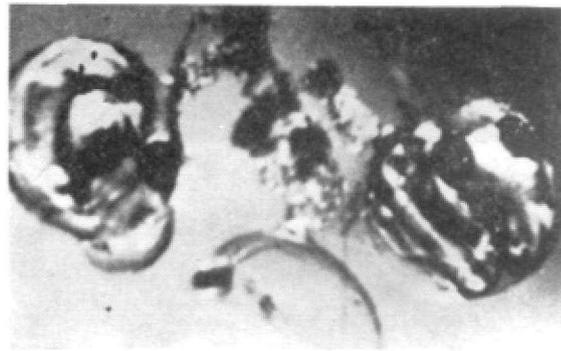


图 22 胸部先突出膜外的孵化情形



图 23 卵黄囊先突出膜外的孵化情形

在数秒钟之内完成。只有一尾以尾先弹出的仔鱼,在再次挣动后尚剩头部在卵膜内时,曾连同仍包在头部的卵膜时而边游动边挣脱,时而短暂停息,经多次反复于 28 分钟后才将头部挣出;以卵黄囊先伸出膜外的二尾仔鱼都经历长时间剧烈挣扎,其中一尾历时 21 分,另一尾竟历时 1 小时 02 分方才整体出膜。这三尾仔鱼尽管脱膜过程历时较长,但出膜后仍都是活泼健壮者。

刚孵出的仔鱼(图 24)全长 2.50—2.82 毫米,平均 2.72 毫米,头部仍稍微屈附在卵黄囊之上,鳍尚未显露,仅在背部、腹部和尾部围有皮肤鳍褶。时而活泼地摇头摆尾主动

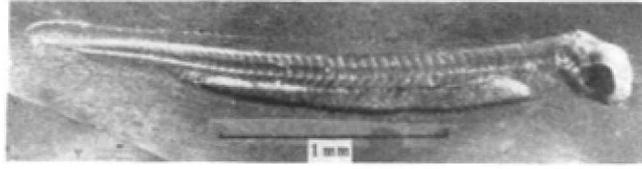


图24 刚孵出的仔鱼,全长2.67毫米

向上作蛇形游动,时而被动下落至容器底部,静卧数十秒乃至几分钟后再主动向上游动。如此周而复始。可数肌节为 $32 \sim 33 + 13 = 45 \sim 46$ 节。

2. 仔鱼期

孵出第一天,当水温 13.6°C 时,全长 3.05 毫米,头部伸直,口尚未开。卵黄囊已部分被吸收。有节奏地作主动向上及被动下落活动,有时突发性地窜出于其体长十余倍的距离后再被动下落。具有趋光反应,当用黑布蒙起半截容器时,仔鱼只活动于有光区域。

孵出第三天,当水温 14.9°C 时,全长 4.21 毫米,口已张开。大部分卵黄囊已经被吸收。在腹鳍褶之上,卵黄囊腹面可见二列黑色素细胞(从侧面观只见一列);围心腔处具一较大黑色素细胞。肝脏及鳔开始形成。主动游动于水层。

孵出第五天,当水温 16.4°C 时,全长 4.35 毫米,卵黄囊已经绝大部分被吸收,鳔已充气,胸鳍基几乎垂直于体轴方向,其下方可见肩带原基。肝脏较前扩大、带状,约占据 4 个肌节范围。肠管具有较大空隙,镜检可见管壁蠕动,可以消化食物,进入内外混合营养阶段。血液中出现少量有形成份。

孵出第九天,当水温 17.9°C 时,全长 4.25 毫米,卵黄囊已全部被吸收。围心腔处及自胸部至肛门的腹面两列黑色素细胞十分清晰,自肛门至尾基的尾鳍褶上方亦出现一列黑色素细胞。血液中有形成份增多,由于有形成份的流动,血管明显可见。在天然条件下,转入完全依赖摄取外部食物为养料阶段。

讨论与结语

1. 乔氏短吻银鱼人工孵化实验获得成功,孵出的仔鱼具有很强的生命力。看来,藉助现代交通工具,以受精卵为材料,向某些水库和内陆湖泊移植这一经济鱼类是有实践意义的。

2. 实验结果表明,在太湖,就乔氏短吻银鱼增殖而言,除了已经实行多年的繁殖期间保护亲鱼的措施外^[1],还必须保护好产卵基质(主要是沉水植物),才能够增加水体中的再生资源,建议 3—5 月禁止在湖湾中打捞水草。

参 考 文 献

- [1] 中国科学院动物研究所白洋淀工作站,1960。白洋淀鱼类。河北人民出版社。
- [2] 王文滨、朱成德、钟璋世等,1980。太湖短吻银鱼秋季人工授精、孵化和早期发育的研究。水产学报,4(3): 303—307。
- [3] 王文滨、朱成德、钟璋世等,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—75。
- [4] 孙福英, 1982. 长江口及其邻近海域的银鱼。华东师范大学学报(自然科学版), 1: 111—119。
- [5] 江苏省太湖渔业生产管理委员会, 1976. 太湖银鱼资源及其利用。水产科技情报, 3: 12—13, 30。
- [6] 陈宁生, 1956. 太湖所产银鱼的初步研究。水生生物学集刊, 2: 324—334。
- [7] 湖南省水产研究所, 1978. 湖南省鱼类志。湖南人民出版社。
- [8] 柳井隆一, 1953. シラウオの孵化腺。動物学雑誌, 62(1): 19—22。
- [9] 宫地傅三郎等, 1980. 原色日本淡水鱼类图鑑。保育社。
- [10] Fang, P. W., 1934. Study on the fishes referring to salangidae of China. *Sinensia*, 4: 231.
- [11] Fang, P. W., 1934. Supplementary notes on the fishes referring to Salangidae of China. *Sinensia*, 5: 505.
- [12] Okada, Y., 1959—1960. studies on the fresh water fishes of Japan. *J. Fac. Fish. Univ. Mie*, 4: 1—861
- [13] Wakiya, Y. & Takahasi, N., 1937 Study on fishes of the family Salangidae. *J. Coll. Agric. Tokyo. Imp. Univ.*, 14(4): 265—296.

ON THE EMBRYONIC DEVELOPMENT OF *SALANGICHTHYS* (*NEOSALANX*) *JORDANI* IN TAI HU LAKE

Zhang Kaixiang

(*Nanjing Institute of Geography, Academia Sinica*)

Abstract

The short-snout icefish, *Salangichthys (Neosalanx) jordani* Wakiya & Takahasi, is one of commercial fishes in Tai Hu Lake. Experiments on artificial fertilization of the fish were carried out in spring of 1981 and 1983.

The ripe egg of the icefish is spherical, on the egg membrane there bear 8—13 slender filaments radiating around the margin of micropyle, the filament are dichotomously divided directing to the opposite pole of the micropyle and connected each other to make a network covering almost the entire surface of the egg. The eggs are strong sticky, the spawned eggs attach on the submerged plants and other matrix in the water. The diameter of swollen egg is 0.59—0.73mm, average 0.64mm. The embryo hatched out 149 hours after the fertilization, 865 prelarvae were obtained in the experiment. The protection of spawning ground of the icefish, especially the submerged plants is proposed.