

文章编号: 1000-0615(2003)01-0043-06

丁鲟胚胎发育和卵黄囊仔鱼摄食研究

凌去非¹, 李思发¹, 乔德亮¹, 姚化章¹, 张海军²
殷建国², 何智杰², 李岩平², 蔡晓琴²(1. 上海水产大学农业部水产增殖、生态生理重点开放实验室, 上海 200090;
2. 新疆生产建设兵团农十师额河特种鱼类繁育场, 新疆 北屯 836000)

摘要:对丁鲟的胚胎发育进行了连续观察, 并对其卵黄囊仔鱼在开口摄食之前的发育、生长以及不可逆点作了实验研究。结果表明: (1) 丁鲟受精卵在水温 21.5℃ 时, 胚胎发育时间约为 52h; (2) 仔鱼在孵出后第 7 天开始摄食, 初次摄食率第 9 天达 100%, 第 12 天降到 50%, 进入不可逆点; (3) 仔鱼对卵黄囊的日净消耗量的最大值出现在出膜后第 1 天, 体长最大增长率出现在出膜后的第 2 天; (4) 仔全出膜后第 8 天, 卵黄囊全部吸收, 同时, 饥饿期仔鱼开始出现负生长。

关键词: 丁鲟; 胚胎发育; 卵黄囊仔鱼; 摄食; 不可逆点**中图分类号:** S917 **文献标识码:** A**The study on the embryonic development and feeding of the yolk-sac larvae of *Tinca tinca***LING Qu-fei¹, LI Si-fa¹, QIAO De-liang¹, YAO Hua-zhang¹, ZHANG Hai-jun²
YIN Jian-guo², HE Zhi-jie², LI Yan-ping², CAI Xiao-qin²(1. Key Laboratory of Ecology and Physiology in Aquaculture Certificated by the Ministry of Agriculture, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China;
2. Eltrix River Fish Breeding Farm, 10th Subgroup of Xinjiang Construction Group, Beitun 836000, China)

Abstract: The development of the fertilized eggs and the development and growth of yolk-sac larvae of *Tinca tinca* in the period of starvation were observed and the point of no return (PNR) was also studied. The results show that: (1) The embryo was hatched for about 52 h before hatching out with water temperature 21.5°C. (2) After hatching, the larvae started to feed on the seventh day with low initial feeding rate, the initial feeding rate reached the highest figure 100% on the ninth day, and then decreased to 50% on the twelfth day, while the larvae reached the point-of-no-return. (3) After hatching, the highest yolk-sac consuming rate happened on the first day, while the highest growth rate of total length of larvae occurred on the second day. (4) On the eighth day after hatching, the yolk sac was absorbed completely, from then the starved larvae decreased in total length.

Key words: *Tinca tinca*; embryonic development; yolk-sac larvae; feeding; point of no return

收稿日期: 2002-04-18

资助项目: 新疆生产建设兵团科委农业科学研究与技术开发项目(NKB02NK16XM)

作者简介: 凌去非(1965-), 男, 江苏丹阳人, 副教授, 博士研究生, 研究方向为鱼类种质资源。Tel: 021-65710348

通讯作者: 李思发(1938-), 男, 江苏镇江人, 上海水产大学首席教授, 博士生导师, 研究方向为水产动物种质资源与种苗工程。

E-mail: lisifak@online.sh.cn

丁鲋(*Tinca tinca*)属鲤科、雅罗鱼亚科、丁鲋属,是一种广温性鱼类,广泛分布于欧洲各地,在我国仅分布于新疆额尔齐斯河流域^[1,2]。早在16-18世纪欧洲已有池塘饲养丁鲋的记载,但该鱼的大规模驯化和人工繁殖则是近年才开始的^[3]。在我国,由于丁鲋的地理分布偏远,对其研究一直不多。2001年,作者通过注射HCG和L-RHA成功地诱导丁鲋产卵,孵出上百万尾仔鱼,培育的幼鱼已远销至广东、上海等地养成。现将丁鲋胚胎发育和仔鱼发育以及仔鱼摄食的观察与研究结果报道如下。

1 材料与方 法

1.1 受精卵发育的观察

丁鲋亲鱼由新疆生产建设兵团额尔齐斯河特种鱼类繁育场提供。在催产池内,注射HCG和L-RHA,水温24℃时,16h后出现发情行为,将雌、雄鱼捕出,进行人工授精。试验用受精卵移至室内恒温孵化,观察胚胎发育过程,其余受精卵在孵化缸中孵化。在显微镜下观察胚胎发育,用测微尺测量受精卵有关数据,同时记录胚胎发育时序和形态特征,描绘草图。

1.2 丁鲋仔鱼不可逆点的确定

仔鱼孵出后开口摄食前,将一部分仔鱼转移到20L的玻璃水族箱中,不予投饵直至100%死亡;每天取鱼苗15尾,麻醉,置于显微镜下观察,测全长、卵黄囊长径与短径。卵黄囊容量按 $4/3\pi \cdot (r/2) \cdot 2 \cdot R/2$ 公式计算,其中, R 为卵黄囊的长径, r 为卵黄囊的短径^[4]。同时,每天取出20尾仔鱼放入500mL烧杯中4h,轮虫密度为 $10 \text{ ind} \cdot \text{mL}^{-1}$,用膜式增氧泵进行充氧,水温保持在21.5℃。然后,将仔鱼取出,麻醉后逐一检查摄食情况。肠管内含有轮虫的仔鱼尾数占总测定尾数的百分比即为摄食率。不可逆点(point of no return, PNR)是仔鱼耐饥饿能力的临界点。仔鱼饥饿到该点时,尽管还能存活一段时间,但50%的个体已虚弱得不可能再恢复摄食能力。本文以孵化后天数表示。当所测定的饥饿组仔鱼的摄食率低于最高初次摄食率的一半时,即为PNR的时间^[4]。

2 结 果

2.1 胚胎发育

2.1.1 受精卵

丁鲋受精卵卵径小,呈圆球形,淡绿色,吸水后围卵周间隙小。具粘性,受精后35min,在受精卵的动物极隆起一小丘状的胚盘,胚盘的形成为卵裂奠定了基础(图版-1)。

2.1.2 卵裂期

受精后45min,隆起的胚盘向两边拉长,从中间凹陷,胚盘被分成两部分,即2细胞期(图版-2);受精后1h10min,开始第2次分裂,分裂沟与第1次分裂沟垂直,4个分裂球呈前后排列,每排2个,即4细胞期(图版-3);受精后1h45min第3次分裂,有两个分裂面,均与第1次分裂沟平行,8个细胞前后排列,每排4个,即8细胞期(图版-4);受精后2h第4次分裂,有两个分裂面,与第1个分裂方向垂直,16个分裂球分成4排,每排4个,即16细胞期(图版-5);受精后2h15min第5次分裂,有4个分裂面,均与第1次分裂沟平行,形成4排,即32细胞期(图版-6)。上述分裂进程中的分裂球的形状相似,大小基本相等。此后细胞分裂速度加快,分裂球越来越多,排列重迭程度增大,分裂球大小开始出现差异。受精后2h47min,在卵黄体上形成一个隆起的细胞团,即为多细胞期。

2.1.3 囊胚期

受精后3h20min,细胞进一步分裂,囊胚层高高隆起,耸立于卵黄体上,呈半圆形。3h50min以后,囊胚细胞开始向四周扩散,胚层逐渐变得扁平,紧贴卵黄体,其横径小于卵黄体横径,与此同时,卵黄体开始逐渐由圆形变为梨形(图版-7)。

2.1.4 原肠期

与其它硬骨鱼类一样,其原肠运动以下包、内卷的方式进行。受精后 5h 20min,囊胚细胞下包卵黄体的 1/3,卵黄体呈梨形;60min 以后,囊胚下包卵黄体的 1/2,其下包边缘加厚、形成胚环;60min 以后,囊胚下包至卵黄体的 2/3 时,囊胚细胞以内卷方式在卵黄体顶部隆起,其增厚的部分即为胚盾(图版 - 8)。

2.1.5 神经胚期

受精后 8h,囊胚细胞不断分裂,细胞数量不断增加,下包和内卷活动继续进行。此时囊胚侧面观为不对称形,内卷细胞不断向前伸展,胚胎发育进入神经胚期。此时的卵黄为倒梨形,外露的卵黄很少,外露的部分称为卵黄栓。以后胚孔逐渐变得模糊,胚层合拢,胚孔封闭。体节出现在胚孔封闭以后(图版 - 9)。

2.1.6 器官形成期

体节出现后约 1h,眼原基首先出现,其后是耳囊;受精后约 20h,尾芽形成。肌肉效应期和心脏跳动期相继出现。受精后约 21h,眼晶体形成。在靠近头部和尾部有少量黑色素点(图版 - 10)。

2.1.7 孵出期

受精后 52h,仔鱼开始孵出,出膜前仔鱼颤动剧烈,一般由头部先出卵膜。

2.2 卵黄囊仔鱼发育

初孵仔鱼:初出膜时仔鱼鱼体略弯,经 10~15min 以后,身体伸直。卵黄囊呈前端稍大的椭圆形、浅黄色。活动能力差,在无流水或充气情况下沉底或粘附在棕榈皮上(图版 - 11)。

第 1 天仔鱼:鱼苗沉于水底或继续粘附于附着物上(图版 - 12)。

第 2 天仔鱼:鱼苗头部淡黄色,鳔小,未充气,血液中出现红色素细胞。

第 3 天仔鱼:鱼苗鳃盖骨原基出现,沿脊椎骨上侧身体呈淡黄色(图版 - 13)。

第 4 天仔鱼:鱼苗胸鳍原基出现,肠管前端形成。

第 5 天仔鱼:鱼苗胸鳍、腹鳍基本形成,肠管后端也相继形成,整个肠管出现无规律的短时间蠕动,血管黑色素渐退(图版 - 14)。

第 6 天仔鱼:鱼苗鳔充气,能自由游动。

第 7 天仔鱼:鱼苗肝脏等已比较明显,70% 鱼苗的卵黄囊消失,30% 鱼苗尚存有细条状卵黄囊,长径为 0.39mm,短径为 0.03mm。

第 8 天仔鱼:鱼苗卵黄囊全部消失,大部分开始摄食(图版 - 15)。

从表 1 可以看到,孵出后第 1 天仔鱼卵黄囊消耗量最大,达 $0.46\text{mm}^3 \cdot \text{d}^{-1}$,第 2 天以后,卵黄囊消耗量逐渐减小,到第 8 天,卵黄囊消耗量降为 0,这表明初孵仔鱼第 1 天新陈代谢最为旺盛,能量消耗也最大。

卵黄囊期仔鱼增长率第 2 天达到最大增长率 18.41%,随后出现增长率下降的趋势,第 8 天以后仔鱼在饥饿状态下会出现负增长(图 1)。这一变化稍滞后于仔鱼卵黄囊日消耗量的变化。

2.3 初次摄食率和 PNR

仔鱼孵出后的第 7 天开始进入摄食期,经不同饥饿天数后,仔鱼初次摄食率的变化见图 2。其变化式型是:开始较低,高峰期在第 9 天和第 10 天内出现,然而逐步下降。当初次摄食率降至 50% 时,仔鱼进入不可逆期。这一耐受饥饿的临界点出现在仔鱼孵出后的第 12 天。

表 1 1-8 天丁鲂仔鱼全长及卵黄囊大小

Tab.1 Total length and yolk-sac size of *Tinca tinca* larvae from the first day to eighth day (mean \pm SD)

发育阶段 developmental stage	全长(mm) total length	卵黄囊长径(mm) long diameter of yolk-sac	卵黄囊短径(mm) short diameter of yolk-sac	卵黄囊体积(mm ³) volume of yolk-sac
初孵仔鱼 newly hatched larva	3.86 \pm 0.01	2.42 \pm 0.02	0.83 \pm 0.02	0.89 \pm 0.10
第 1 天仔鱼 first day larva	3.91 \pm 0.21	1.52 \pm 0.23	0.72 \pm 0.17	0.43 \pm 0.23
第 2 天仔鱼 second day larva	4.63 \pm 0.13	2.75 \pm 0.11	0.44 \pm 0.05	0.29 \pm 0.07
第 3 天仔鱼 third day larva	5.02 \pm 0.28	2.57 \pm 0.23	0.36 \pm 0.03	0.17 \pm 0.04
第 4 天仔鱼 forth day larva	5.41 \pm 0.15	2.57 \pm 0.12	0.32 \pm 0.05	0.14 \pm 0.04
第 5 天仔鱼 fifth day larva	5.72 \pm 0.25	1.92 \pm 0.41	0.24 \pm 0.05	0.06 \pm 0.03
第 6 天仔鱼 sixth day larva	5.80 \pm 0.27	1.55 \pm 0.41	0.17 \pm 0.07	0.03 \pm 0.03
第 7 天仔鱼 seventh day larva	5.87 \pm 0.32	0.39 \pm 0.72	0.03 \pm 0.06	0.004 \pm 0.01
第 8 天仔鱼 eighth day larva	5.86 \pm 0.26	0	0	0

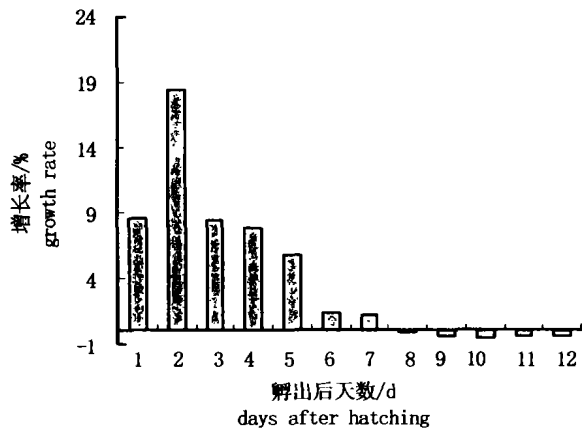


图 1 丁鲂仔鱼饥饿期日增长率的变化

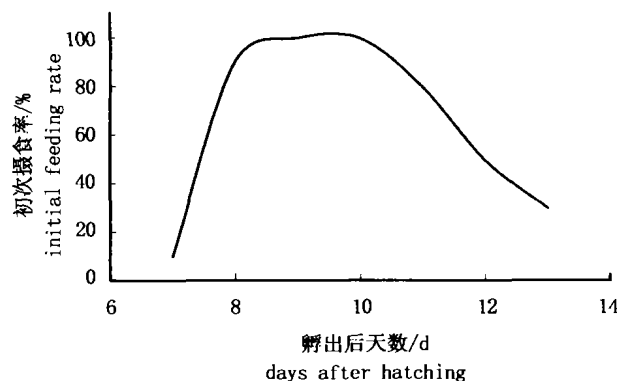
Fig.1 The change of daily growth rate of larvae of *Tinca tinca* during starvation

图 2 丁鲂仔鱼饥饿期初次摄食率的变化

Fig.2 The change of initial feeding rate of larvae of *Tinca tinca* during starvation

3 讨论

丁鲂卵为粘性卵,但粘性不强。在水温 21.5℃时,孵化时间约为 52h,比青、草、鲢、鳙胚胎发育期长,与鲤相近^[5]。水温 21.5℃时,丁鲂仔鱼在孵出后的第 7 天约有 70%的仔鱼卵黄囊吸收完毕,到第 8 天,全部仔鱼的卵黄囊吸收完毕。就卵黄囊日净消耗量而言,以第 1 天为最大,以后逐渐减小,这预示着第 1 天丁鲂仔鱼新陈代谢最为旺盛。

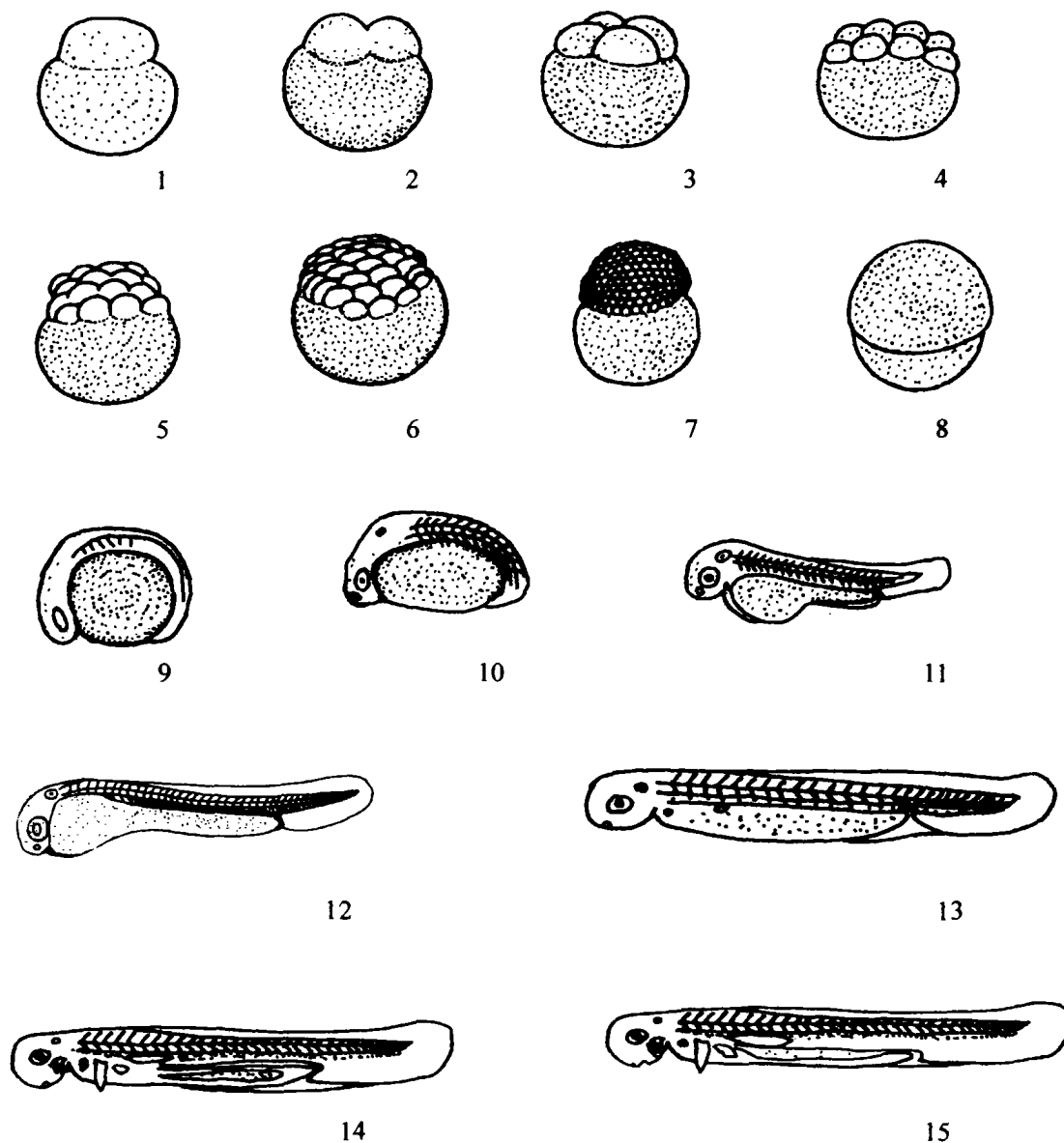
Farris^[6]曾将仔鱼的生长划分为 3 个时期:初孵时的快速生长期,卵黄囊消失前后的慢生长期和不能建立外源摄食的负生长期。丁鲂仔鱼的生长与之基本相符。卵黄囊期的仔鱼增长率以第 2 天的为最大,达到 18.41%,随后的几天其增长率呈渐小的趋势。这说明了内源性营养在最初的 48h 内,主要是用

于鱼体的迅速生长和旺盛的代谢,以后则消耗于器官的分化和运动^[7-9]。对于饥饿期的仔鱼,从第 8 天开始出现负增长,表明已有开口能力的仔鱼在饥饿状态下出现了鱼体再吸收,如不及时补充外源营养,鱼体将逐渐消瘦直至死亡^[4,10]。

在水温 21.5℃时,丁鲷仔鱼在第 7 天开始摄食,摄食率为 10%,第 8 天初次摄食率为 90%,第 9、10 天的饥饿仔鱼初次摄食率均为 100%,第 11 天降为 80%,第 12 天降为 50%,达到最高初次摄食率的 1/2,即进入 PNR。达到不可逆期的仔鱼,大部分仔鱼将不能正常摄食,面临最终死亡的命运。丁鲷仔鱼从初次摄食到 PNR 期仅为 4~5d。因此,在丁鲷人工育苗过程中,饵料的及时配套显得尤为重要。

参考文献:

- [1] Li S Z. The fishes of Xinjiang Province[M]. Urumchi: People Press of Xinjiang Autonomous Area, 1979. 22 - 23. [李思忠. 新疆鱼类志[M]. 乌鲁木齐:新疆人民出版社,1979. 22 - 23.]
- [2] Yang G R, Huang H J. Leuciscinae[A]. Wu X W (ed): The Annals of Cyprinidae fishes in China[M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1982. 10 - 11. [杨干荣,黄宏金. 雅罗鱼亚科[A]. 伍献文主编,中国鲤科鱼类志[M]. 上海:上海科学技术出版社,1982. 10 - 11.]
- [3] Billard R, Flajshans M, Geldhauser F, et al. Proceeding of the international workshop on the biology and culture of the tench (*Tinca tinca*) [J]. Pol Arch Hydrobiol, 1995, 42(1 - 2): 236.
- [4] Yin M C. Feeding ability and growth of the yolk-sac larvae of north sea herring[J]. Oceanol et Limnol Sin, 1991, 22(6): 554 - 560. [殷名称. 北海鲱卵黄期仔鱼的摄食能力和生长[J]. 海洋与湖沼, 1991, 22(6): 554 - 560.]
- [5] Cai R K. Handbook on cultured freshwater fishes[M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1987. 121. [蔡仁逵. 淡水养鱼手册[M]. 上海:上海科学技术出版社,1987. 121.]
- [6] Farris D A. A change in the early growth rate of four larval marine fishes[J]. Limnol Oceanogr, 1959, 4: 29 - 36.
- [7] Ou Y J, Li J E. The study of embryonic and yolk-sac larval development and nutrition of *Mugil cephalus* Linnaeus[J]. Acta Ocean Sin, 1997, 19(3): 102 - 110. [区又君,李加儿. 鲮鱼胚胎和卵黄囊期仔鱼的发育与营养[J]. 海洋学报, 1997, 19(3): 102 - 110.]
- [8] Enrique M A, Jesus V J. Yolk and oil globule utilization and developmental morphology of the digestive tract epithelium in larval rabbitfish, *Siganus guttatus* (Bloch)[J]. Aquacu, 1987, 65: 319 - 331.
- [9] Hodson P V, Blunt B R. The effect of time from hatch on the yolk conservation efficiency of rainbow trout, *Salmo gairdneri*[J]. J Fish Biol, 1986, 29: 37 - 46.
- [10] Bao B L, Su J X, Yin M C. Effect of delayed feeding on feeding ability, survival and growth of red sea bream and olive flounder larvae during early development[J]. J Fish China, 1998, 22(1): 33 - 37. [鲍宝龙,苏锦祥,殷名称. 延迟投饵对真鲷、牙鲆仔鱼早期阶段摄食、存活及生长的影响[J]. 水产学报, 1998, 22(1): 33 - 37.]



图版说明 Explanation of Plate

1. 胚盘期; 2. 2细胞期; 3. 4细胞期; 4. 8细胞期; 5. 16细胞期; 6. 32细胞期; 7. 囊胚期; 8. 原肠期; 9. 神经胚期; 10. 器官形成期; 11. 孵出期; 12. 第1天仔鱼; 13. 第3天仔鱼; 14. 第5天仔鱼; 15. 第8天仔鱼
 1. embryonic disc stage; 2. 2-cell stage; 3. 4-cell stage; 4. 8-cell stage; 5. 16-cell stage; 6. 32-cell stage; 7. blastula stage; 8. gastrula stage; 9. neurula stage; 10. organogenesis stage; 11. hatching stage; 12. 1st day old larva; 13. 3rd old larva; 14. 5th old larva; 15. 8th old larva