

池沼公鱼耳石日轮的观察研究*

解玉浩 李勃

(辽宁省淡水水产研究所, 辽阳 111000)

王国恩

(大连水产学院, 大连 116024)

提要 于1989年3—8月,从辽阳汤河水库捕取成熟的池沼公鱼,获得人工授精卵,用压片法光镜下连续观察胚胎发育后期和前仔鱼期耳石轮纹的形成,并采集已知月龄的幼、成鱼耳石,制片镜检轮纹数量和排列。结果表明,仔鱼在卵黄接近吸收完并开始摄食外界食物时,即孵出后第6d至第7d形成第1个轮纹,之后每天一轮,这些轮纹就是日轮;日轮间距呈规律性变化,这些变化与鱼体生长发育及生态条件密切相关。

关键词 池沼公鱼 耳石 日轮

鱼类耳石日轮生长的研究是70年代以来国际鱼类生物学研究的新兴领域。它为更精确地研究鱼类生长、生命史及其与环境的关系等方面开拓了新途径。自1971年Pannella最初证实鱼类耳石日轮存在以来,国外研究报道过耳石日轮的鱼类近百种(董双林等,1988)。我国在这方面的研究刚起步(董双林等,1989;陈卫忠,1990;李勃等,1992;李城华等,1993a;李城华等,1993b)。本文报告池沼公鱼耳石日轮生长同鱼体生长发育及环境条件的关系。

1 材料和方法

1989年3—4月,于辽阳汤河水库采集池沼公鱼 [*Hypomesus olidus*(Pallas)],以人工授精法获得其后期胚胎和孵出后的前仔鱼期仔鱼。每天一次压片,对其耳石形态变化和轮纹生长进行镜下连续观察。1989年3月10—11日和8月23—28日分别在辽阳汤河水库和绥中大风口水库采集1龄鱼和当年鱼样品,用75%酒精固定带回实验室,进行鱼体生物学测定后,剖取矢耳石(Sagittae)。其中部分耳石,在40—60nm细度磨石上加甘油两面磨制成耳石中心核所在面的透明薄片,洗净后用中性树胶封片,在透射光镜下观察轮纹结构与排列情况,测计耳石半径、轮纹数及轮纹间距,拍制照片。另一部分耳石,经环氧树脂包埋、磨片、0.5%盐酸蚀刻、清洗、镀金,扫描电镜(HITACHI S-450)观察并拍照,以与光镜材料比较研究。

1989年3—4月间,还对汤河水库和大风口水库池沼公鱼的产卵生态(产卵期、产卵

* 辽宁省重点研究项目,8616-003号。解玉浩,男,出生于1935年9月,研究员。

本所刘义新、大连水产学院硕士生权赫梅参加部分电镜制片工作。

收稿日期:1991年5月20日,接受日期:1993年10月27日。

场、水温变化等)及其胚胎发育进行实地监测,也利用了1988年春对汤河水库池沼公鱼产卵生态调查资料。1989年汤河水库的池沼公鱼于3月下旬开始向水库上游已解冻的河道里溯游产卵,4月上旬在上游河道里和已解冻的水库岸边大批产卵,4月底大批孵出仔鱼。1989年大批产卵和孵化的时间与1988年基本一致。在大风口水库,1989年池沼公鱼于3月中旬开始溯游产卵,3月底水库大部分冰封融化后在水库岸边大批产卵,4月中旬还有部分个体产卵,产卵期持续了40d。4月24日大批孵出仔鱼。利用这些调查资料结合耳石轮纹进行日轮生长分析。

2 观察结果

2.1 耳石增长与鱼体生长 对池沼公鱼受精卵活体镜下连续观察表明,在水温8.4—16.5℃条件下经过约116h的发育,听囊内出现一对圆形矢耳石。到孵出前耳石直径在11—12μm。刚孵出的仔鱼,全长4.5—5.16mm,耳石直径约13μm;耳石中间呈星花状,由中央向边缘有辐射纹,没有轮纹。孵出后第7d的仔鱼,卵黄囊接近消失。孵出后第9d的仔鱼,全长6.1—6.3mm,卵黄囊已消失,耳石直径在16—20μm,在透射光镜下观察,耳石边缘部分出现2个轮纹(图版 I:1)。

叉体长41.0mm以上的幼、成鱼,其耳石已变成一端圆另一端尖的长圆形(图版 I:2),存在长半径和短半径。耳石长半径和叉体长生长呈直线相关关系,51尾鱼的关系式为 $OR = 0.0154FL + 0.2812$ (OR 为耳石长半径, mm; FL 为叉体长, mm); $r = 0.9087$, $P < 0.01$,相关极显著(图1)。

2.2 轮纹排列和数量增长 幼、成鱼耳石磨片,用 JENA MED 2 型透射光镜观察,可见耳石中心核,直径在16μm左右。核外为同心轮纹向边缘排列,通常前50个左右轮纹为圆形,之后随着耳石半径出现长半径和短半径,轮纹亦呈长圆形。在耳石长轴上轮纹排列较疏,短轴上排列较密。一个完整的轮纹是由一条较宽的透明的增长带和一条较窄的暗色间歇带组成(图版 I:3,5)。在 HITACHI S-450 型扫描电镜下可见轮纹的增长带和间歇带互相穿插,在轮纹的背景上也有与轮纹垂直的由中心向边缘伸延的辐射纹(图版 I:3)。从轮纹的局部显微结构上可见生长带的结晶状聚集体(图版 I:4)。

在 Olympus VM 型解剖镜下剖取孵出后第12d仔鱼(全长在6.3—6.6mm)的耳石,透射光镜下观察,耳石上已形成5个轮纹,这表明孵出后第6d至第7d形成第1个轮纹之后,1d形成1轮。从汤河水库和大风口水库随机取样的幼、成鱼耳石磨片,透射光镜下测定的轮纹数详见表1。

2.3 轮纹的间距变化 耳石磨片在透射光镜下观察并用测微尺测定轮纹间距。结果表明,从核外第1个轮纹开始到第20个轮纹处,是轮纹间距最小区段,平均间距3.4—4.0

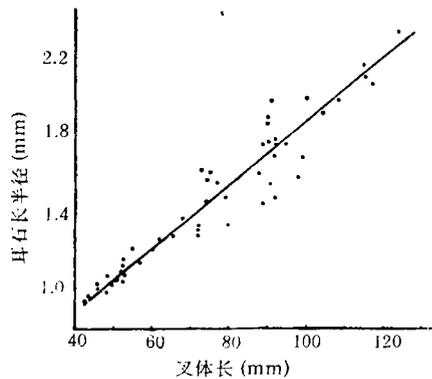


图1 池沼公鱼叉体长与耳石长半径的关系
Fig.1 Relationship between sagittal radius and fish length (FL) of *Hypomesus olidus*

μm 。通常从第 20 轮纹向外,间距逐渐增大,一直到 120 个左右轮纹处进入间距最大的高峰区段,平均间距在 $5.2\text{--}7.2\mu\text{m}$ 间。高峰区段持续到约 160 个轮纹处,而后间距开始减小,大致在 290 轮纹处之后,间距进一步缩小为 $3.8\text{--}4.5\mu\text{m}$ 。汤河水库 1 冬龄鱼样品中,代表性 4 尾鱼的耳石,每 10 个连续轮纹的平均间距变化绘于图 2。

表 1 不同水库池沼公鱼耳石轮纹数测定结果

Tab. 1 Growth increment number in otoliths of *Hypomesus olidus* from Reservoirs of Tanghe and Dafengkou

时间 (年.月.日)	采样水库	样 品 鱼				耳石长半径(mm)		轮 纹 数	
		尾数	年龄	叉体长 (mm)		范围	平均	范围	平均
				范围	平均				
1989.03.11	汤河水库	27	0+龄 (1冬龄)	69.0—99.0	82.52 ± 1.60	1.05—1.95	1.55 ± 0.04	272—336	300.89 ± 3.42
1989.08.23	汤河水库	16	0 龄 (当年鱼)	41.0—55.0	49.84 ± 0.96	0.96—1.21	1.05 ± 0.02	101—118	109.50 ± 1.07
1989.08.28	大风口 水库	21	0 龄 (当年鱼)	45.2—54.6	50.35 ± 0.55	0.96—1.21	1.12 ± 0.015	99—138	115.24 ± 1.94

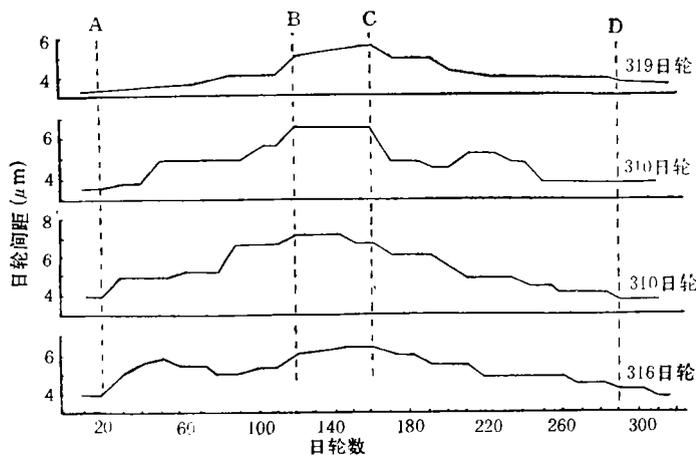


图 2 池沼公鱼耳石上每 10 个连续轮纹的平均间距变化

Fig. 2 Change of the mean width of per ten consecutive increments in the otolith of *Hypomesus olidus*

3 讨论与结语

3.1 关于轮纹开始形成及轮纹数同日龄的关系 根据胚胎后期和前仔鱼期的连续观察,孵出后第 7d 仔鱼的卵黄接近吸收完,开始摄食外界食物,形成第 1 个轮纹。孵出后第 9d 耳石上已形成 2 个轮纹,孵出后第 12d 已形成 5 个轮纹。这同在大菱鲆 (*Scophthalmus maximus*) (Geffen, 1982)、大西洋鲱 (*Clupea harengus*) (Lough et al., 1982)、柯氏白鲑 (*Coregonus hoyi*) (Rice et al., 1985)、遮目鱼 (*Chanos chanos*) (Tzeng et al., 1988) 的观察结果基本一致,可以认为,池沼公鱼仔鱼耳石上的轮纹也是在卵黄接近吸收

完,开始摄取外界食物时开始形成的。本文观察还表明,完整的日轮似乎滞后 1d 才出现,这可能是由于下 1 轮纹开始形成才能衬托出前 1 轮纹的完整性。

耳石上第 1 个轮纹形成之后,每天增加 1 轮,这不仅从前述仔鱼期耳石连续观察得到证实,从幼、成鱼耳石磨片轮纹计数分析也可验证。1989 年 8 月 28 日于大风口水库抽取公鱼,随机取样 21 尾当年鱼(鳞片上无年轮),其耳石轮纹数平均为 115.24(表 1)。该水库当年公鱼产卵期是 3 月中旬到 4 月中旬,约持续 40d,产卵盛期是 3 月底,水库冰封融化后鱼群在水库沿岸大批产卵。公鱼胚胎孵化积温约 $4\ 000\text{h}\cdot\text{°C}$ (解玉浩等,1987),4 月初至 4 月 20 日,在该水库实际水温 $6\text{—}11\text{°C}$ 的条件下,孵化期约需 23d,这与该库公鱼受精卵于 4 月 24 日大批孵化是一致的。在平均水温 10°C 时,孵出的仔鱼约经 7d 卵黄近于吸收,开始摄食外界食物。这样按 1989 年实际日历计算,从大批孵出仔鱼的 4 月 24 日到采样的 8 月 28 日共计 124d,而样品耳石上的平均轮纹为 115.24,再加上 8 (即不形成轮纹的卵黄吸收过程天数 7 与边上轮纹滞后显现的天数 1 之和)合计为 123.24,与 124d 基本吻合。这表明,耳石上的轮纹就是日轮,耳石上轮纹数最少(99)和最多(138)的样品,是最晚和最早出生的鱼。

汤河水库公鱼产卵期要比大风口水库晚 1 周左右。采取以上推算方法,当年鱼和 1 冬龄鱼耳石上的轮纹数,与大批产卵孵化仔鱼卵黄接近消失时的实际生长日数基本相符。这样依据耳石上的轮纹数,再加上校正值就可求出所研究鱼类的实际日龄。用公式表示: $D = R_n + I + K$ 。式中, D 为日龄; R_n 为耳石上轮纹数; I , 为从孵化到开始摄食外界食物的日数,可在不同温度下实际观察求得; K 为常数 1,即轮纹滞后显现的 1 天。

3.2 日轮间距变化规律 观察表明(图 2),耳石中心向外的头 20 个轮纹平均间距最小,为 $3.4\text{—}4.0\mu\text{m}$ 。一般从第 20 个轮纹(图 2 虚线 A,即仔鱼孵出后约 1 个月)开始间距增大。从鱼的个体发育看,1 月龄左右的鱼各鳍已分化,鳃耙明显增长(Sato, 1952),游泳和摄食能力增强。从生态条件看,5 月下旬随着水温的升高,浮游生物繁殖增多,为公鱼提供了较丰富的食饵。通常在第 120 个轮纹处(虚线 B),即孵出后约 130d,此时正值 9 月上旬,开始最宽的轮纹增长期,轮纹间距在 $5.2\text{—}7.2\mu\text{m}$ 间。秋季是水库浮游生物含量最高的季节(李勃等,1989),亦是亚冷水性的公鱼摄食旺盛阶段。此阶段持续 40d 左右,即大致在 10 月中旬(虚线 C),公鱼已发育到性成熟,生殖腺开始由第 III 成熟期向第 IV 成熟期过渡,卵母细胞开始沉积卵黄(解玉浩等,1988)。随着鱼体生长速度的减慢(营养物质主要消耗于生殖腺发育),耳石轮纹间距亦逐渐减小。到大约 290 个轮纹处(虚线 D),即在 2 月末 3 月初,生殖腺一般已发育成熟(IV 期末),经过生殖腺发育和越冬的营养消耗,鱼体生长进一步减慢,耳石日轮间距接近最低值。

Tabeta 等(1987)利用耳石轮纹生长情况推算鳊的早期生命史,他认为从孵出到长成 140—150 个窄而清晰的轮纹期间,是在柳叶鳊阶段完成的;从 150 至边缘较宽的轮纹期间,是柳叶鳊后期向白仔鳊过渡的变态期形成阶段。Rice 等(1985)证明,柯氏白鲑在投饵试验条件下,当生长减慢时轮纹间距变窄。Neilson 等(1986)指出,大鳞大麻哈鱼(*Oncorhynchus tshawytsch*)在淡水和入海口咸淡水栖息期间,耳石上生长纹窄疏不一。本研究结果与以上作者对不同鱼类耳石生长与发育阶段、生态因素相对应的观察结果基本一致,进一步表明轮纹间距的变化是与鱼类发育期及栖息环境条件紧密相关。这似乎提

供了一种可能的途径,就是依据耳石轮纹排列及其间距变化,类比追溯所研究鱼类的生活史和生态条件的变化。

参 考 文 献

- 李勃等,1989,汤河水库渔业生物学基础——公鱼移植的本底调查,水产科学,8(2): 1—6。
- 李勃等,1992,鳊鱼幼鱼耳石日轮研究,动物学研究,13(3): 201—207。
- 李城华等,1993a,梭鱼仔鱼耳石日轮形成及自然种群日龄的鉴定,海洋与湖沼,24(4): 345—349。
- 李城华等,1993b,黄海黑鲷仔鱼耳石的日轮以及光照对其形成的影响,海洋与湖沼,24(5): 511—515。
- 陈卫志,1990,红眼脂眼鲱仔鱼日龄与生长的研究,中国水产科学研究院学报,3(1): 49—56。
- 董双林等,1988,国外对鱼类耳石日轮生长的研究,大连水产学院学报,3—4: 53—61。
- 董林林等,1989,鲤鱼仔、稚和幼鱼早期耳石上日轮的初步观察,大连水产学院学报,4(1): 58—62。
- 解玉浩等,1987,池沼公鱼的胚胎发育,水产学报,11(4): 307—314。
- 解玉浩等,1988,池沼公鱼移植放流试验研究,水生生物学报,12(4): 344—354。
- Geffen, A. J., 1982, Otolith ring deposition in relation to growth rate in the herring (*Clupea harengus*) and turbot (*Scophthalmus maximus*) larvae, *Mar. Biol.*, 71:317—326。
- Lough, R. G. et al., 1982, Age and growth of larval Atlantic herring, *Clupea harengus* L., in the Gulf of Maine-Georges Bank region based on otolith growth increments, *Fish Bull.*, 80: 187—199。
- Neilson, J. D. et al., 1986, First-Year growth rate of sixes river chinook salmon as inferred from otoliths: effects on mortality and age at maturity, *Tran. Amer. Fish. Soc.*, 115(1): 28—33。
- Pannella, G., 1971, Fish otoliths: daily growth layers and periodical patterns, *Science*, 173: 1124—1127。
- Rice, J. A. et al., 1985, Evaluating otolith analysis for Bloater *Coregonus hoyi*: Do otoliths ring true? *Tran. Amer. Fish. Soc.*, 114(4): 532—539。
- Sato, R., 1952, Larval development of the pond smelt, *Hypomesus olidus* (Pallas), *Tohoku J. Agr. Res.*, 11(2): 42—48。
- Tabeta, O. et al., 1987, Aspects of the early life history of the Japanese Eel *Anguilla japonica* determined from otolith microstructure, *Nippon Suisan Gakkaishi*, 53(10): 1727—1734。
- Tzeng W. -N. and Yu S. -Y., 1988, Daily growth increments in otoliths of milkfish, *Chanos chanos* (Forsskål), larvae, *J. Fish Biol.*, 32: 495—504。

OBSERVATION ON THE DAILY GROWTH INCREMENTS IN THE OTOLITH OF POND SMELT, *HYPOMESUS OLIDUS*

Xie Yuhao, Li Bo

(Research Institute for Freshwater Fisheries of Liaoning Province, Liaoyang 111000)

Wang Guoen

(Dalian Fisheries College, Dalian 116024)

ABSTRACT

This paper reports March—August 1989 studies on the daily growth increment in the otolith of pond smelt (*Hypomesus olidus*) from Tanghe and Dafengkou Reservoirs. The sagittal otolith at stages of pre-larvae and embryo development later was observed by light microscope. The materials were obtained from artificially fertilized eggs. There were two growth increments in otolith of larvae 9 days age after hatching, and increment formation continued on a daily schedule. The first growth increment was deposited during the yolk-sac reabsorption period and feeding began from this time on.

The otolith section from young and adults were examined by light microscope and scanning electron microscope for morphology, size, increment counts, width and microstructure of daily growth increment. The sagittal radius (OR , mm) was linearly related to fish length (FL , mm), the equation for 51 individuals was $OR = 0.0154FL + 0.2812$, $r = 0.9087$, $P < 0.01$. A single growth increment comprising an incremental zone (light band) plus a discontinuous zone (dark band) was generally formed daily. High magnification revealed the incremental zone's crystalline structure. Based on the daily otolith growth increment, the daily age of the fish may be estimated by $D = R_n + I + K$, where D is daily age, R_n is number of rings in otolith, I is time (days) from hatching to when feeding began, K is a constant and equal to 1. The change of daily growth increment width was regular and closely related to growth and development of the fish and ecological condition.

Key words *Hypomesus olidus* Otolith Daily growth Increment