

赤眼鱮的繁殖生物学

龙光华^① 林 岗^② 胡大胜^① 李秀珍^② 刘坚红^①

(①广西水产技术推广总站 南宁 530022; ②广西老科协科嘉养殖实验场 南宁 530031)

摘要:对赤眼鱮(*Squaliobarbus curriculus*)的性腺发育、性征、繁殖力、性比、繁殖习性、胚胎发育和胚后发育进行了研究。赤眼鱮初次性成熟年龄为2冬龄。繁殖季节为4月下旬至8月上旬,以5~7月为盛产期。网箱饲养已达性成熟年龄的赤眼鱮性腺成熟系数大于池养及江河野生的。其相对繁殖力为252.8粒/g,高于池养者31.05%,高于野生鱼28.0%。雄鱼体形比雌鱼长,成熟雄鱼在繁殖季节胸鳍具有颗粒状珠星,非繁殖季节珠星消失。雌雄比接近1:1。赤眼鱮属散水性产卵类型,为不分批产卵鱼类。广西江河的赤眼鱮天然产卵场有11处,主要分布于郁江,左江和右江各有1处。在水温28~28.5℃的情况下,自受精到孵化所需时间为16 h 10 min,积温453℃·h。鱼苗经17 d发育,鳞片完全,体形、习性与成鱼相似。

关键词:赤眼鱮;繁殖;生物学

中图分类号:Q958 文献标识码:A 文章编号:0250-3263(2005)05-28-09

The Reproductive Biology of Barbel Chub

LONG Guang-Hua^① LIN Gang^② HU Da-Sheng^① LI Xiu-Zhen^② LIU Jian-Hong^①

(① *Fishery Technology Extension Station of Guangxi, Nanning* 530022;

② *Kejia Farm of Fish Cultivation and Experiment, Guangxi Old Science Association, Nanning* 530031, China)

Abstract: Barbel Chub (*Squaliobarbus curriculus*) reached the first sexual maturity in the second year. The reproduction season started from late April to early August, with the best season from May to July. During May to July, the maturity coefficient of female Barbel Chub averaged 18.4% and its average fecundity was 199.5 eggs/g. The male Barbel Chub is longer than the female. The matured male usually had spotted pearl organs on its pectoral fins during reproduction season, which disappeared afterwards. The sexual ratio between the male and female was 1:1. Barbel Chub was an open water spawner that did not spawn by batches. 11 natural spawning grounds have been found in the rivers in Guangxi, China. Expect for one spawning ground in each Zuo River and You River, the rest were evenly distributed in Yu River. At water temperature of 28 - 28.5℃, the incubation starting from fertilized eggs usually took 16.1 hours. The total accumulated temperature was 453 degrees. The fry were fully developed with complete scales in 17 days and get the similar characteristics to their adults such as body shape, living habits and habitat.

Key words: *Squaliobarbus curriculus*; Reproduction; Biology

赤眼鱮(*Squaliobarbus curriculus*)原为江河野生鱼类,资源严重衰竭^[1]。为了增殖江河资源,需要大批量人工繁殖育苗。但对其繁殖生物学的特性,至今未见详细、系统的报道。作者于2002年1月~2003年12月对赤眼鱮的性腺发育、繁殖习性、生殖力、胚胎发育和胚后发育

特征等进行了研究,为赤眼鱮的人工繁殖提供了科学依据。

基金项目 广西区科技厅科技攻关项目(No.0428001-3);

第一作者介绍 龙光华,男,学士,高级工程师;研究方向:鱼类繁殖学;E-mail: longguangh@126.com.

收稿日期:2005-01-10 修回日期:2005-08-01

1 材料与方 法

1.1 材料 2001 年 5~7 月,用刺网和手抄网捕捞珠江流域西江水系上游的左江及郁江野生的赤眼鲮。此江段位于东经 106°51'~109°35', 北纬 22°21'~23°07'。河床底质多为碎石、泥沙,多年平均流量分别为 348 m³/s 及 1 420 m³/s,是赤眼鲮原产地之一。共捕捞 212 尾,取其中刺网捕获的体重大于 400 g 的 35 尾解剖,用解剖镜观察其性腺发育情况。手抄网捕获的鱼种,大部份放养在定置于郁江和左江中的网箱内,少部份移到池塘中饲养。2002 年 12 月~2003 年 11 月,每月在网箱中随机取样解剖,共计 208 尾(其中雌鱼 121 尾,雄鱼 87 尾)。2003 年 5~7 月,解剖池塘饲养的雌鱼 72 尾进行观察,求其性成熟系数与生殖力,将其与同期解剖的网箱饲养的雌鱼,以及 2001 年 5~7 月采集的 46 尾野生雌鱼进行比较。

1.2 方法 性腺成熟系数按(性腺重/去内脏体重)×100%求得^[2]。性腺组织用波恩氏(Bouin)液固定,石蜡包埋,切片厚 7~9 μm, H.E 染色,进行组织学观察,部份材料进行显微摄影。

繁殖力的测定采用重量取样法,即从Ⅳ期卵巢中准确称取 1 g 卵块,加入 3 倍体积的鱼卵分离液(L-半光氨酸·HCl 0.5%、Na₂SO₃ 1%、木瓜酸 0.2%,溶于水),浸泡 10 min 后,计算肉眼可见的卵粒,推算其怀卵量。

采用丰满度和体重与体长之比来鉴别雌雄鱼体型的差异。丰满度的计算公式为:

$$K = (W/L^3) \times 100$$

式中:K 为丰满度,W 为体重,L 为体长。

采用人工催产鲮鱼的方法取得受精卵^[3],观察其胚胎发育,绘图并显微摄影,胚后发育系取活体绘图。

由于广西江河许多赤眼鲮产卵场已遭破坏,现场观察赤眼鲮在产卵场产卵的情况机会极少,故繁殖习性方面,根据本文作者之一参加广西水产资源调查的材料*,结合催产实验的记录进行表述。

2 结 果

2.1 性腺发育和性成熟

2.1.1 卵巢发育和卵细胞特征 赤眼鲮卵巢与鲤科(Cyprinidae)雅罗鱼亚科(Leuciscinae)的草鱼(*Ctenopharyngodon laticeps*)以及鲢亚科(Hypophthalmichthyinae)的鲢鱼(*Hypophthalmichthys molitrix*)类同^[4-6],其各类卵母细胞的特征也基本相同(图版 I),仅将其比较特殊部份叙述如下。

I 期卵巢:在第一次性周期内,当年鱼卵巢第 1 时相卵母细胞的卵径为 20~40 μm,细胞外形不规则,核较大,核仁 1~4 个。

II 期卵巢:成熟系数 0.16%~1.30%;切片上布满第 2 时相卵母细胞,卵径 100~178 μm,呈不规则的多角形;核近似椭圆形,核径 43~57 μm,核仁 4~14 个,排列在核的内缘。核及细胞质均呈强的嗜碱性(图版 I:1)。

III 期卵巢:成熟系数 0.42%~4.91%;切片上以第 3 时相卵母细胞占绝大多数,尚有若干第 2 时相卵母细胞夹在中间;第 3 时相卵母细胞近似圆形,卵径 543~715 μm,核径 85~185 μm;在细胞膜内缘的细胞质中,有 2~3 层排列不整齐的液泡,细胞质嗜碱性减退,开始沉积的卵黄颗粒被染成淡红色(图版 I:2,3)。

IV 期卵巢:体积很大,浅绿色或浅黄绿色的卵巢占腹腔的大部分,血管粗大,卵粒逐渐饱满;早期的卵巢成熟系数为 1.19%~16.2%,后期随着卵黄颗粒的积累,卵巢成熟系数达到 18.09%~31.47%;切片绝大多数为第 4 时相的卵母细胞,可看到极少数的第 2 时相的卵母细胞,未见第 3 时相的卵母细胞,第 4 时相卵母细胞卵径 586~896 μm,卵膜放射带很清楚,核膜界限不很分明,核径 100~172 μm,核近似圆形,初期居卵的中部,后来偏移,最后移到卵的一端,核周围充满的卵黄颗粒被染成红色(图版 I:4~7)。

* 广西壮族自治区水产研究所,广西壮族自治区内陆水域渔业自然资源调查研究报告,1984. 资料。

V 期卵巢：卵脱离滤泡，随时排出体外。

VI 期卵巢：产完卵后的卵巢，体积大为缩小，组织松软，表面血管充血，切片上可见排空的滤泡和囊壁，有少量第 2 时相和第 3 时相的卵母细胞，还有极少数没有排出体外的成熟卵粒，在网箱或池塘中饲养的个体，由于没有满足其繁殖所需的生态条件，卵巢发育至 IV 期，后逐渐退化、缩小，卵巢内夹杂一些灰白色卵粒，以后退化吸收，恢复到 II ~ III 期（图版 I 8）。

2.1.2 精巢发育和精细胞特征 当年雄鱼的精巢外形透明、浅肉红色，呈线状，宽 1 mm 以内。切片见精原细胞。

II 期精巢：呈细线状，白色或微红，肉眼可辨别雌雄，宽 1 ~ 2 mm，组织切片可见精母细胞。

III 期精巢：较粗大，白色或微红，宽 4 ~ 5 mm，精母细胞数量增多。

IV 期精巢：更粗大，为长圆柱形，颜色由粉红色变成乳白色，边缘常略呈波浪状弯曲，宽 8 ~ 12 mm，组织切片可见壶腹，内有精母细胞和精子。

V 期精巢：粗大且柔软，白色，容易撕裂，壶腹充满精子，轻压腹部精液流出体外。

2.1.3 初次性成熟年龄 2001 年自郁江捕捞

的当年鱼种养至 2003 年 6 月，其雌鱼和雄鱼性腺发育均成熟，催产能正常产卵，而在此之前，同一批鱼当中，没有发现发育成熟的个体。2001 ~ 2002 年在郁江和左江捕获的赤眼鲮中，性腺发育至 IV 期者，经用鳞片鉴定年龄，均大于 2 冬龄。由此断定，其初次性成熟年龄为 2 冬龄。

2.1.4 性腺成熟系数周年变化与繁殖季节 网箱饲养的赤眼鲮达到初次性成熟年龄以后，其性腺成熟系数的季节变化非常明显（表 1，图 1）。自 12 月至次年 2 月，雌鱼的性腺成熟系数处于全年最低值，为 0.31% ~ 2.23%，卵巢为 II 和 III 期；3 月以后，成熟系数显著上升，平均为 4.9%，卵巢普遍达到 III 期；4 月份，卵巢的发育加快，由 III 期迅速向 IV 期过渡，性腺成熟系数平均达 7.25%；5 月份，卵巢成熟系数达到最高峰，平均为 26.49%，卵巢处于 IV 期；7、8 月份，性腺成熟系数仍处于高峰期，但与 6 月份比已明显下降，卵巢仍普遍处于 IV 期；9 月份的卵巢普遍退化，未产出的卵粒逐渐被吸收，卵巢逐渐萎缩，这种情况一直延续至越冬。精巢成熟系数的周年变化与卵巢基本同步（表 1，图 1）。

依上述现象判断，赤眼鲮的繁殖季节为 4 月下旬至 8 月上旬，以 5 ~ 7 月为盛产期。

表 1 网箱饲养的赤眼鲮性腺成熟系数

Table 1 Gonadal maturity coefficient of Barbel Chub raised in cages

月份 Month	标本(尾)		体长范围		体重范围		性腺分期		成熟系数	
	No. of fish sample		Body length range (cm)		Body weight range (g)		Gonad stage		Sexual maturity coefficient (%)	
	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂
1	27	10	28.0 ~ 33.7	26.5 ~ 31.1	500 ~ 900	400 ~ 750	II、III	II、III	0.59	0.11
2	12	9	28.0 ~ 33.5	26.5 ~ 30.5	540 ~ 800	400 ~ 675	III	III	2.23	0.49
3	8	8	28.5 ~ 32.0	27.0 ~ 31.5	430 ~ 690	475 ~ 660	III	III	4.90	0.61
4	7	5	30.0 ~ 33.0	27.3 ~ 32.3	510 ~ 750	430 ~ 700	III、IV	III、IV	7.25	0.75
5	6	7	24.5 ~ 30.5	29.0 ~ 31.5	550 ~ 750	460 ~ 700	IV	IV	26.49	1.88
6	9	8	29.0 ~ 34.0	22.5 ~ 30.0	480 ~ 1 000	325 ~ 598	IV	IV	23.76	3.36
7	19	11	29.5 ~ 37.0	27.0 ~ 30.5	550 ~ 850	400 ~ 600	IV	IV	14.30	3.24
8	6	5	26.0 ~ 29.0	27.0 ~ 30.0	400 ~ 600	480 ~ 560	IV	IV、II	14.46	0.99
9	5	4	30.4 ~ 32.0	26.5 ~ 29.5	640 ~ 725	400 ~ 650	IV、III	II、III	6.18	0.53
10	5	5	28.0 ~ 31.0	27.5 ~ 31.0	469 ~ 600	458 ~ 610	II、III	II、III	8.71	0.24
11	9	7	29.5 ~ 33.5	23.9 ~ 32.0	620 ~ 750	400 ~ 750	II、III	II、III	10.20	0.05
12	8	8	25.5 ~ 33.0	22.5 ~ 33.0	430 ~ 850	325 ~ 750	II、III	II、III	0.31	0.09

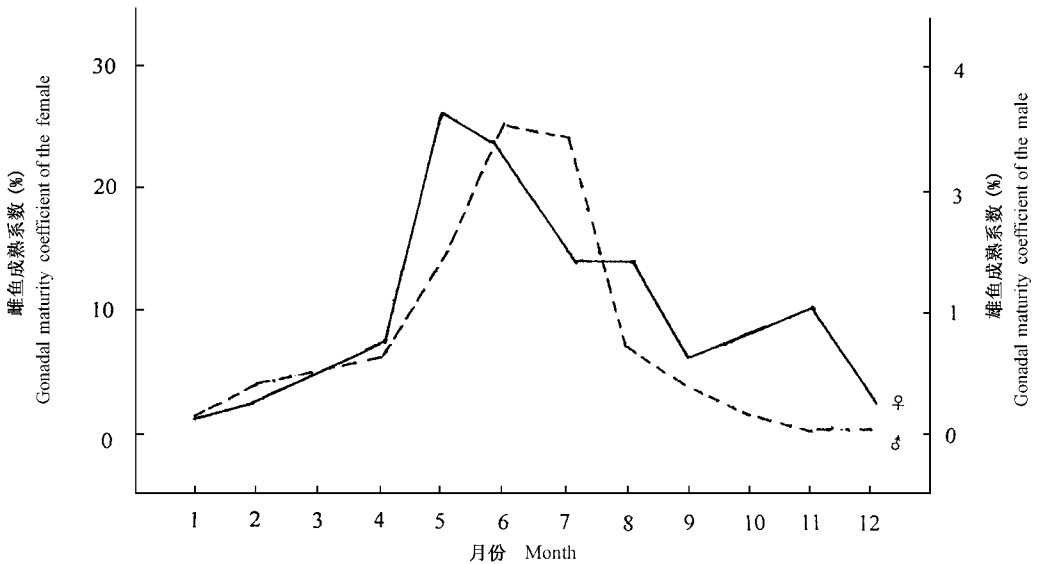


图 1 网箱饲养的赤眼鳟性腺成熟系数周年变化

Fig. 1 Annual changes of gonadal maturity coefficient of Barbel Chub raised in cages

2.1.5 饲养鱼与野生鱼性腺成熟系数比较

在 5~7 月赤眼鳟繁殖季节,对网箱和池塘饲养的赤眼鳟与郁江和左江野生赤眼鳟性腺成熟系数的变化进行了比较,结果见表 2。从 3 组来源不同的雌鱼性成熟系数的变化可以看出,以网箱饲养的为最高,野生鱼次之,池塘饲养者最低。经用随机区组设计资料的方差分析、近似 F 检验法处理,前者与后两种比较有显著性差异,而后两种的差别没有意义。

表 2 网箱及池塘饲养鱼与野生鱼的性腺成熟系数比较

Table 2 Comparison of gonad maturity coefficient among the pond, cage-raised and wild-captured Barbel Chub

月份 Month	性腺成熟系数 Gonadal maturity coefficient (%)		
	网箱饲养鱼 Cage-raised	池塘饲养鱼 Pond-raised	野生鱼 Wild-captured
5	26.49	21.30	22.46
6	23.76	20.47	20.80
7	14.30	12.50	11.95
\bar{M}	21.52	18.09	18.40

2.2 繁殖力 共解剖、计算 78 尾鱼的怀卵量,其中取自池养 24 尾,取自网箱 22 尾,自郁江及左江野生的 32 尾,分别按体重组统计,结

果列于表 3。在体重小于 750 g 时,其绝对怀卵量和相对怀卵量均与体重成正比;体重 751~800 g 组,相对怀卵量下降。以全部测定的鱼的相对怀卵量加权平均,为 222.8 粒/g (159.3~282.8 粒/g);其中,网箱饲养者为 252.8 粒/g,比池养者的 192.9 粒/g 高出 31.05%,比野生者 (197.5 粒/g)高出 28.0%。

2.3 雌雄区别与性比

2.3.1 珠星 繁殖季节,性成熟的雄鱼胸鳍第 1~6 根鳍条上出现许多颗粒状突起(珠星)(图 2),其中以不分支鳍条表面为最多,其颜色与鳍条颜色一致,用手摸有粗糙感。繁殖季节过后,珠星消失。雌鱼胸鳍光滑,没有珠星。

2.3.2 雌雄鱼体形差异 计算 108 尾雌鱼和 96 尾雄鱼的丰满度,如表 4 所示,不论是繁殖季节还是非繁殖季节,雌鱼的 K 值均比雄鱼的大,经 t -检验,差异显著。

计算 152 尾雌鱼和 123 尾雄鱼的体长与体高之比,结果列于表 3、4。“体长/体高”的数值,雌鱼比雄鱼小,经 t -检验,差异显著。

以上结果表明,雄鱼体形比较细长,雌鱼体形比较粗短。此外,性腺发育成熟的雌鱼,其泄殖孔略外突,而雄鱼则平或略内凹。

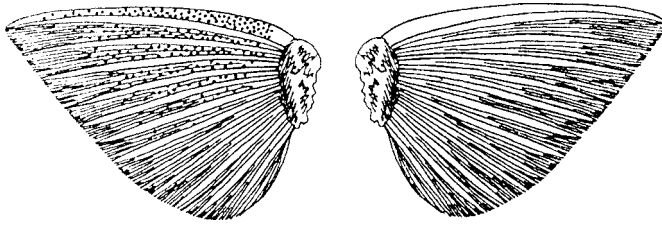


图 2 赤眼鲮的胸鳍

Fig. 2 Pectoral fin of Barbel Chub showing pearl organ

右为♀;左为♂。Right :♀ ;Left ♂

表 3 赤眼鲮的繁殖力

Table 3 Fecundity of Barbel Chub

样品来源 Sample source	标本数 Fish sample (n)	体重 Body weight (g)	卵巢重 Ovary weight (g)		绝对怀卵量(粒) Absolute fecundity (eggs)		相对怀卵量(粒/g) Relative fecundity (eggs)
			平均 Mean	幅度 Range	平均 Mean	幅度 Range	
			池养 Pond-raised	4	450 ~ 550	57.1	
	8	551 ~ 650	74.8	26.5 ~ 95.0	113 407	117 480 ~ 179 288	189.6
	6	561 ~ 750	102.0	89.0 ~ 113.0	152 861	145 019 ~ 175 125	213.2
	6	751 ~ 800	110.6	93.5 ~ 125.0	164 978	155 309 ~ 182 125	209.3
网箱 Cage-raised	10	450 ~ 550	75.2	64.3 ~ 110.8	115 238	57 600 ~ 149 940	224.3
	5	551 ~ 650	93.5	85.0 ~ 99.0	153 206	124 080 ~ 166 208	251.7
	4	651 ~ 750	117.9	79.0 ~ 160.5	188 696	132 883 ~ 232 886	282.8
	3	751 ~ 800	119.5	112.0 ~ 128.9	195 088	190 000 ~ 204 864	252.2
野生 Wild-captured	8	450 ~ 550	64.3	51.0 ~ 86.6	93 232	40 320 ~ 96 374	166.5
	5	551 ~ 650	82.3	28.4 ~ 98.8	114 800	49 036 ~ 134 075	193.2
	9	651 ~ 750	112.0	93.4 ~ 122.0	156 380	124 780 ~ 177 478	215.7
	10	751 ~ 800	121.4	98.6 ~ 131.4	174 635	148 019 ~ 189 246	214.4

表 4 不同性别赤眼鲮的体形差异

Table 4 Morphological deviations between the male and the female

月份 Month	丰满度(K)			体长/体高		
	Condition factor			Body length/body height		
	♀	♂	P	♀	♂	P
1~4	2.22	2.15	<0.01	3.75	3.81	<0.01
5~8	2.20	2.12	<0.01	3.25	3.86	<0.01
9~12	2.23	2.17	<0.01	3.73	3.79	<0.01
全年 One year	2.21	2.16		3.59	3.81	

2.3.3 性比 从郁江和左江捕捞的渔获物中随机取 398 尾,除其中 12 尾未能鉴别雌雄外,解剖后确定雌鱼为 184 尾,雄鱼 202 尾,两者性比接近 1:1。

2.4 繁殖习性

2.4.1 生殖方式与卵的类型 从第Ⅳ期卵巢

切片中可见,卵巢中排满Ⅳ时相的卵母细胞,夹杂其中的Ⅱ和Ⅲ时相卵母细胞极为稀少;在人工催产实践中,经解剖全产雌鱼卵巢中除滤泡以外,仅存个别过熟卵粒及个别Ⅱ和Ⅲ时相卵母细胞,这些已产卵的亲鱼再精养培育,当年也不会再成熟产卵。由此判断,赤眼鲮为不分批产卵鱼类。

赤眼鲮产出的卵粒吸水后卵径为 4.1 mm,其卵间周隙较大,达 1.5 mm,反映出赤眼鲮为产漂流性卵的鱼类。

2.4.2 产卵类型与产卵场 赤眼鲮为敞水性产卵鱼类。在广西^{[7]*},有记录的江河赤眼鲮产卵场有:①浔江东塔小揽,即黔江和郁江汇合

* 广西壮族自治区水产研究所,广西壮族自治区内陆水域渔业自然资源调查研究报告,1984,资料。

处(属桂平市);②郁江的分界滩,即邕宁县与隆安县交界处(属邕宁县);③郁江的龙须滩(属邕宁县那龙乡);④郁江的红石角产卵场,位于左江与右江汇合处下游 1 km 处(属邕宁县);⑤郁江的鸡咀滩,位于邕宁县长圩镇上游 3.5 km;⑥郁江的峦城六场涉产卵场(属横县峦城乡);⑦郁江的伏波大滩(属贵港市);⑧郁江的沙岗滩(属贵港市的苏湾乡);⑨郁江的大同滩,位于邕宁县老口乡大同村处;⑩左江的崇左先锋坝下产卵场;⑪右江的四城河产卵场,位于百色镇四城河口附近。

以上产卵场的生态条件有下列特点:多在急滩之下或两江汇合处的下游,洪水来临,水位上涨,一般比 1 月份枯水期水位高出 2~4 m,流速通常为 1.4~1.6 m/s,水温 26~30℃,江面宽阔,比其上下游的河面宽 2~3 倍,一般为 400 m 左右,水质混浊。

2.4.3 产卵行为 在产卵场,虽然赤眼鳟在水的上层产卵,但只能偶而见到水面有鱼急游造成的波浪,看不到鱼。人工催产条件下,在产卵池中可见到,一般数尾雌雄亲鱼混杂,互相追逐,至发情高潮,雌鱼侧翻或仰卧状,或任凭雄鱼靠近,或与雄鱼互相扭在一起,产卵、射精,卵子顺水而下,而亲鱼仍互相追逐,直至产卵结束。

2.5 胚胎发育与胚后发育(图版 II 图 3)

2.5.1 胚胎发育 赤眼鳟的胚胎发育过程和各发育时期的特征与鲮(*Cirrhinus molitorella*)、鲢等硬骨鱼类相似。

在水温 28~28.5℃ 的情况下,自受精到孵化所需时间为 16 h 10 min,其积温为 453℃·h。

胚胎发育显微照片见图版 II。

2.5.2 胚后发育 孵出后 2 h(水温 28℃),鱼苗全长 3.5 mm;卵黄囊微黄色,其体积占整个鱼体一半左右;在静水中,鱼苗多数时间侧卧水底,偶而向上游动,在水流中呈漂浮状态(图 3:1)。

孵化后 8 h(水温 28℃),鱼苗全长 4.3 mm,卵黄囊已有部份被吸收,鱼苗呈梨形,鱼体半透明,微黄,常呈侧卧状态(图 3:2)。

孵化后 1 d(水温 27.5℃),鱼苗全长 5.2 mm,卵黄囊大部分被吸收,呈长形,臀鳍褶出现,鱼体半透明,微黄,没有黑色素,眼下有一黑斑,常在水底短暂间隙游泳,有时作垂直运动(图 3:3)。

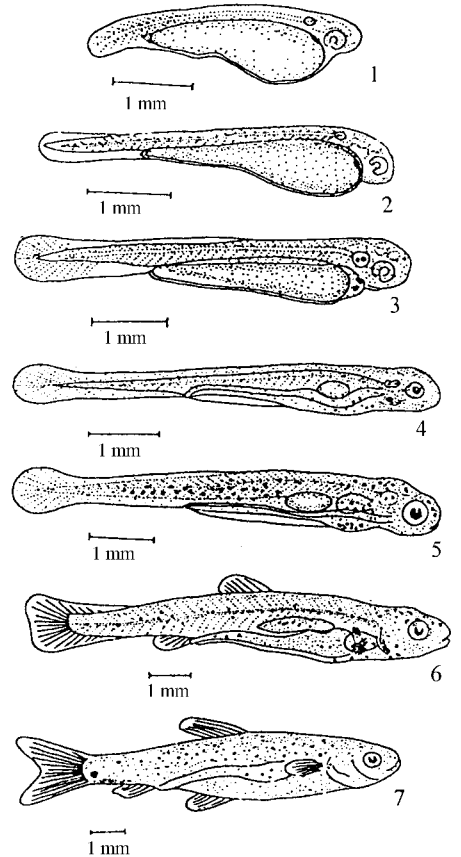


图 3 赤眼鳟的胚后发育

Fig. 3 Postembryonic development of Barbel Chub

1. 2 h; 2. 8 h; 3. 1 d; 4. 2 d; 5. 4 d; 6. 7 d; 7. 17 d

孵化后 2 d(水温 28.5℃),鱼苗全长 6.2 mm,鳔呈椭圆形,卵黄囊已吸收完毕,肠道在鳔下方及接近肛门处略呈弯曲,其中间段呈直线;开始摄食浮游生物,但数量很少,以绿藻居多;身体半透明,前腹部有少数黑色素,能水平运动(图 3:4)。

孵化后 4 d(水温 27~28℃),鱼苗全长 6.7 mm;头部背面呈米黄色,其他部分半透明,体侧及头部有黑色素斑,鳍褶透明;胸鳍发达;肠道开通,在鳔的下方处略有弯曲,其他部分较直;

摄食强度较大,摄食浮游植物,鳔呈椭圆形,体积比前两天明显增大;在水中自由平游(图 3:5)。

孵化后 7 d (水温 27.5~28.5℃),鱼苗全长 10.8 mm;尾鳍、背鳍和臀鳍均有骨质鳍条,所有鳍条都不分节;鳔 2 室,前室近似椭圆形,后室较长;体呈微黄色,头顶部、鳃盖处、前腹部、臀鳍前方、体中部沿其中轴以及鳔后室部位均有黑色素,常在水的中下层游动;摄食浮游生物,以浮游植物为主,也摄食部分轮虫及枝角类幼体(图 3:6)。

孵出后 17 d (水温 26.5~28.5℃),鱼体全长 25 mm,体全长为体高的 5 倍,体形与成鱼相似;各鳍完全;体侧有少数小黑斑,尾柄下方有色较淡的小黑斑,鳞片完全,喜栖息于鱼塘边缘地带(图 3:7)。

3 讨论

鱼类性腺发育与食物和非生物因子密切相关。在研究中发现,网箱、池塘和野生赤眼鳟亲鱼在性腺发育、繁殖力等方面有显著区别,以网箱饲养者为最佳。从亲鱼获得的食物方面看,野生者获得的食物难以估计,暂不予比较。而池塘与网箱饲养者获得食物的质和质量基本相同,非生物因子的水温、光照等也没有大的差别,惟有水流的刺激差别很大,网箱设置在江河中,箱内终日处于微流水状态,而池塘则基本为静水。由此推断,水流对敞水性产卵鱼类性腺发育的作用,不仅在最后成熟阶段(从Ⅳ期中~Ⅳ期末~Ⅴ期)成为主要的因素,在性腺从Ⅱ期~Ⅲ期~Ⅳ期的发育过程中,也极为重要,因此,培育赤眼鳟亲鱼,其水流刺激不可忽视。

郁江采集的野生赤眼鳟的相对繁殖力,32尾鱼的加权平均值为 197.5 粒/g,在体重 450~750 g 的范围内,相对繁殖力随体重增大而增加。这个结果与珠江水产研究所等调查珠江水系渔业的结果有差异,后者相对怀卵量平均为

328.5 粒/g,且相对怀卵量与体重的关系不明显,但随着体长的增长而增长。5 龄以前,随着年龄的增长而增长^[8,9]。造成这种差异的原因,可能与取样江段和当时的水域渔业环境有关。

调查研究赤眼鳟繁殖生物学的结果,赤眼鳟初次性成熟年龄为 2 冬龄。繁殖季节为 4 月下旬至 8 月上旬,以 5~7 月为盛产期。网箱饲养已达性成熟年龄的赤眼鳟性腺成熟系数大于池养及江河野生鱼,其相对繁殖力为 252.8 粒/g,高于池养鱼 31.05%,高于野生鱼 28.0%。雄鱼体形比雌鱼修长,成熟雄鱼在繁殖季节胸鳍具有颗粒状珠星,非繁殖季节,珠星消失。江河的赤眼鳟雌雄比接近 1:1。赤眼鳟属敞水性产卵类型,为不分批产卵鱼类。广西江河的赤眼鳟天然产卵场有 11 处,主要分布于郁江,左江和右江各有 1 处。在水温 28~28.5℃的情况下,自受精到孵化所需时间为 16 h 10 min,积温 453℃·h。鱼苗经 17 d 发育,鳞片完全,体形、习性与成鱼相似。

参 考 文 献

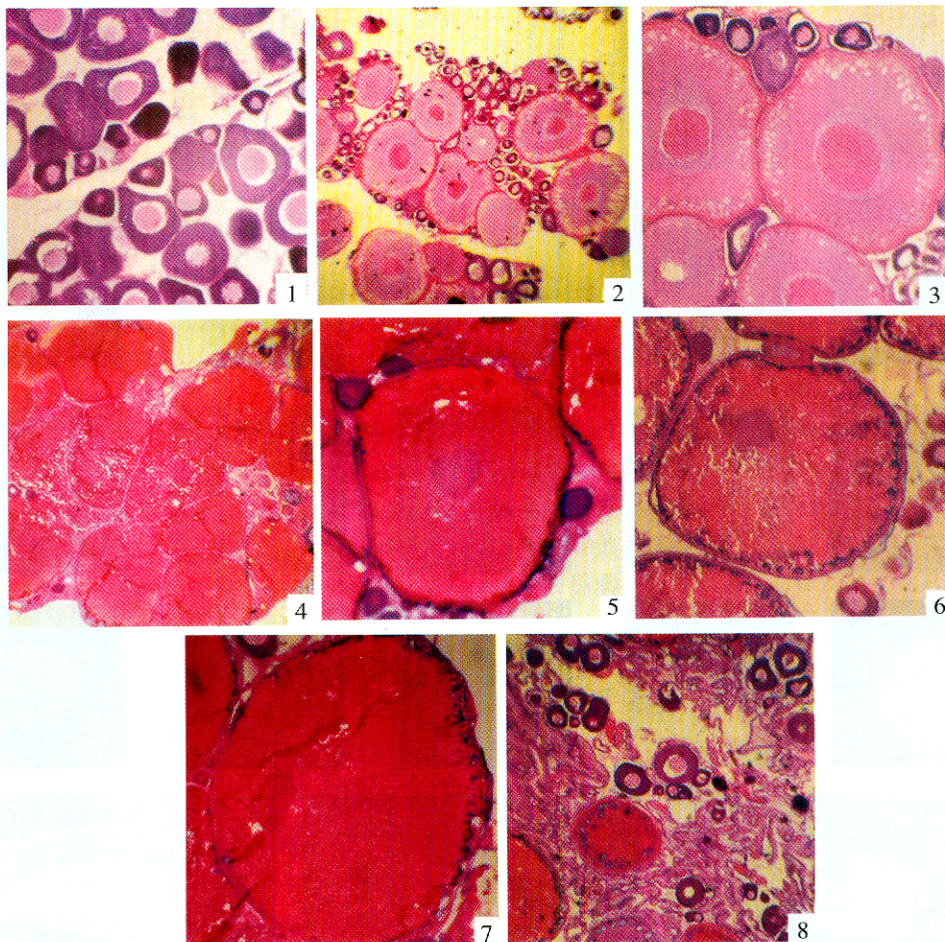
- [1] 黄赤,秦炜章,林裕安等.广西江河渔业自然资源现状及保护措施.广西水产科技,2002(4):1~4.
- [2] 叶富良,张健东.鱼类生态学.广州:广东高等教育出版社,2002.
- [3] 王武.鱼类增养殖学.北京:中国农业出版社,2000.
- [4] 郑光帽.赤眼鳟的生物学简述.西南师范学院学报(自然科学版),1980(2):119~122.
- [5] 刘建康,何碧梧等.中国淡水鱼类养殖学(第三版).北京:科学出版社,1992.
- [6] 广西水产研究所.广西鲮鱼的生物学及其养殖.水生生物学集刊,1975(4):449~468.
- [7] 广西水产研究所,中国科学院动物研究所.广西淡水鱼类志.南宁:广西人民出版社,1981.
- [8] 珠江水产研究所等.广东淡水鱼类志.广州:广东科技出版社,1991.
- [9] 陆奎贤,肖学铮,匡庸德等.珠江水系渔业资源.广州:广东科技出版社,1990.

龙光华等: 赤眼鳟的繁殖生物学

图版 I

LONG Guang-Hua *et al.*: The Reproductive Biology of Barbel Chub

Plate I

**赤眼鳟卵巢切片 Ovary Slice of Barbel Chub**

1. II 期卵巢; 2. III 期卵巢; 3. 3 时相卵母细胞; 4. IV 期卵巢; 5. 4 时相初期卵母细胞; 6. 4 时相中期卵母细胞; 7. 4 时相末期卵母细胞; 8. VI 期卵巢。(1, 5, 6, 7: 10×10 ; 2, 4, 8: 10×4)

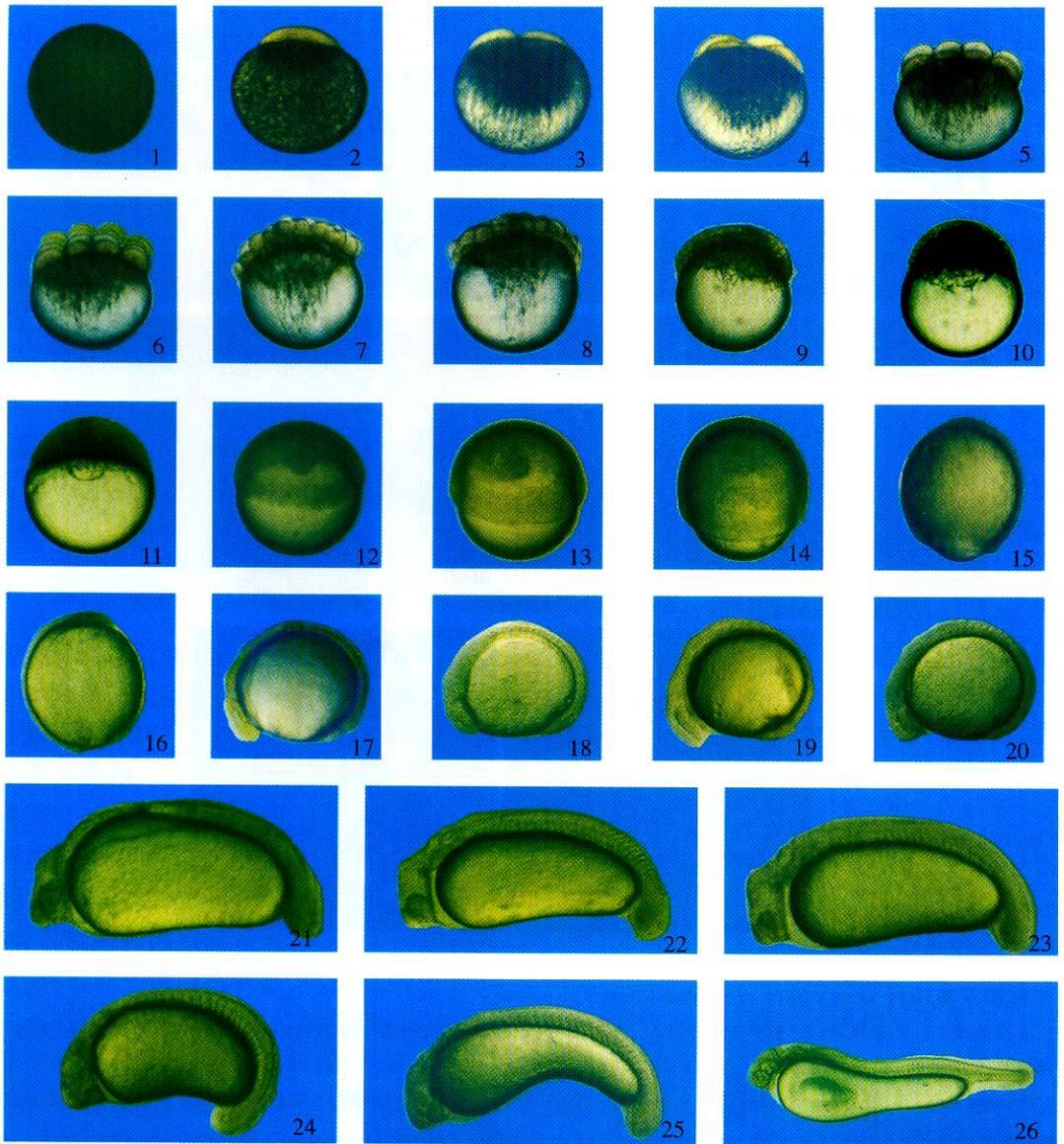
1. Ovary at stage II; 2. Ovary at stage III; 3. Oocyte in phase 3; 4. Ovary at stage IV; 5. Oocyte in early phase 4; 6. Metaphase oocyte in phase 4; 7. Telophase oocyte in phase 4; 8. Ovary at stage VI.

龙光华等: 赤眼鳟的繁殖生物学

图版 II

LONG Guang-Hua *et al.*: The Reproductive Biology of Barbel Chub

Plate II

赤眼鳟胚胎发育 Embryonic development of Barbel Chub ($\times 10$)

1. 受精卵(0:00'); 2. 胚盘隆起(0:10'); 3. 2细胞期(0:28'); 4. 4细胞期(0:32'); 5. 8细胞期(0:34'); 6. 16细胞期(0:38'); 7. 32细胞期(0:50'); 8. 64细胞期(1:25'); 9. 多细胞期(1:30'); 10. 高囊胚期(1:37'); 11. 低囊胚期(3:18'); 12. 原肠早期(4:00'); 13. 原肠中期(4:45'); 14. 原肠晚期(5:45'); 15. 神经胚期(5:55'); 16. 胚孔封闭期(6:30'); 17. 肌节出现期(7:20'); 18. 眼基出现期(7:50'); 19. 眼囊期(8:56'); 20. 尾芽出现期(10:00'); 21. 耳囊出现期(10:35'); 22. 晶体出现期(11:40'); 23. 肌肉效应期(12:10'); 24. 心脏出现期(13:15'); 25. 心脏开始搏动期(14:15'); 26. 孵化期(16:10').

1. Fertilized egg; 2. Blastoberm protruding; 3. 2-cell stage; 4. 4-cell stage; 5. 8-cell stage; 6. 16-cell stage; 7. 32-cell stage; 8. 64-cell stage; 9. Multiple cell stage; 10. Early blastula stage; 11. Late blastula stage; 12. Early gastrula stage; 13. Mid gastrula stage; 14. Late gastrula stage; 15. Neurula stage; 16. Blastopore close stage; 17. Myocomma appearing stage; 18. Eye appearing stage; 19. Eye capsule stage; 20. Tail bud appearing stage; 21. Otic capsule appearing stage; 22. Vitreous body appearing stage; 23. Muscle effecting stage; 24. Heart appearing stage; 25. Heart beating stage; 26. Hatching stage.