

黄鳝的繁殖生态学研究

尹绍武¹, 周工健², 刘 筠²

(1. 海南大学海洋学院, 海口 570228; 2. 湖南师范大学生命科学院, 长沙 410081)

摘要:以洞庭湖稻区黄鳝为调查研究对象, 通过野外调查和室内实验系统研究了黄鳝的繁殖生态。对黄鳝的性腺发育周年变化、繁殖行为、自然产卵过程、产卵条件及繁殖洞穴的构造进行了观察和记录, 产卵室是黄鳝繁殖洞穴特有的构造, 繁殖洞穴泥土 pH 平均值为 6.73 ± 1.012 。亲鳝有护卵习性, 通过对 30 尾守洞亲鳝的性腺观察和切片验证, 守洞鳝多为雄鳝 (占 61.3%), 少数为兼性偏雄性 (占 38.7%), 守洞鳝 1:00~2:00 全在外面活动, 守洞鳝体长 $L(\text{cm})$ 与体重 $W(\text{g})$ 回归方程为: $W = 1.25 \times 10^{-2} L^{1.42}$ ($r = 0.76$)。人工模拟条件下, 泡沫组受精卵的平均孵化率 (85.2%) 极显著地高于对照组 (25.4%) ($t = 8.18, t_{0.05} = 2.45$), 仔鱼平均成活率 (64.0%) 显著高于对照组 (14.0%) ($t = 3.73$), 同时对繁殖季节黄鳝为孵卵而所吐的泡沫的作用进行了分析。另外, 证实了黄鳝产卵的最适放养密度为 2~3 尾/ m^2 。为黄鳝的全人工繁殖和半人工繁殖提供了合理化的建议。

关键词:黄鳝; 繁殖生态; 繁殖洞穴; 泡沫

Ecological study on the breeding of ricefield eel (*Monopterus albus*)

YIN Shao-Wu¹, ZHOU Gong-Jian², LIU Yun² (1. College of Ocean, Hainan University, Haikou 570228, China; 2. College of Life Science, Hu'nan Normal University, Changsha 410081, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(3): 435~439.

Abstract: The breeding ecology of ricefield eel (*Monopterus albus*) of Dongting lake in Hunan was studied by the investigation outdoors and experiments indoors. The main results were shown as follows: The annual changes of the gonad development of the ricefield eel were described, and the breeding habits of ricefield eel were examined. The process of natural egg-laying and egg-laying conditions of the ricefield eel, and the structure characteristics of multiply breeding burrow of the ricefield eel were observed firstly. The pH of the burrow clod where the ricefield eel were breded was 6.73 ± 1.012 . The sex ratio of the ricefield eel that lived in the breeding burrow was observed, the male was 61.3%, the intersex was 38.7%. They did not swim from the breeding burrow except 01:00~02:00 at night, the regression equation between the length (L) and the weight (W) was $W = 1.25 \times 10^{-2} L^{1.42}$ ($r = 0.76$). At the same time, functions of the bubble were analyzed and discussed. The hatching rate of oosperm was 76.0%, 96.7%, 94.2%, and 74.0% under different water temperature (22°C, 25°C, 28°C, and 31°C) in the bubble groups, respectively, and the hatching rate of oosperm was 22.8%, 33.9%, 30.2%, and 14.6% in the contrast groups, respectively. The average hatching rate of oosperm was 85.2% in the bubble groups, the average hatching rate of oosperm was 25.4% in the contrast groups ($t = 8.18$). The survival rate of larva was 36.0%, 80.0%, 76.0%, and 64.0% under different water temperature in the bubble groups, respectively, and the survival rate of larva was 40.0%, 12.0%, 4.0%, and 0.0% in the contrast groups, respectively. The average survival rate of larva was 64.0% in the bubble groups, the average survival rate of larva was 14.0% in the contrast groups ($t = 3.73$). The bubble could control the water mold growth, and prevented oosperm from infecting the water mold. From the ecological aspect, when the stocking density was beyond 4 ind/ m^2 , the ricefield eel can't lay eggs in the breeding season. The present study provided the significant suggestion for the all-artificial breeding and half-artificial breeding of the ricefield eel.

Key words: *Monopterus albus*; breeding ecology; breeding burrow; bubble

基金项目:湖南省科技厅重点资助项目

收稿日期:2003-01-30; **修订日期:**2004-01-10

作者简介:尹绍武(1969~), 博士, 副教授, 主要从事鱼类生态学与发育生物学研究。E-mail: yinshaowu@163.com

Foundation item: The project was supported by Hu'nan Science and Technology Commission

Received date:2003-01-30; **Accepted date:**2004-01-10

Biography: YIN Shao-Wu, Ph. D., Associate professor, mainly engaged in ecology and developmental biology of fish. E-mail: yinshaowu@163.com

文章编号:1000-0933(2005)03-0435-05 中图分类号:Q959.482 文献标识码:A

黄鳝(*Monopterus albus* Zuiew),俗称鳝鱼,田鳎,隶属硬骨鱼纲、合鳃目、合鳃科、黄鳝属。黄鳝是我国重要的经济鱼类之一,我国鱼类学家伍献文和刘建康^[1]曾对黄鳝的生殖习性和幼体变态作过研究,Guan 等对黄鳝的人工繁殖作过报道,而目前国内外学者主要是针对黄鳝性逆转和有关激素方面问题的研究工作^[2~12]未曾全面报道过黄鳝的繁殖生态学。由于黄鳝属洞穴性底栖鱼类,不同于一般鱼类,观察它的繁殖生态的难度大,加之近年来,黄鳝栖息的自然生态环境随着农药、化肥的使用,日益受到污染,而资源减少刺激市场价格上扬又导致人为滥捕加剧,黄鳝资源濒临枯竭。为满足市场需要,人工繁殖在所必行。而要进行黄鳝的人工繁殖,首先必须弄清楚黄鳝的自然繁殖习性及其对相关生态环境的要求。因此,作者于 1999~2002 年通过野外调查和室内实验相结合的方法,详细系统研究了黄鳝的繁殖生态,以期对黄鳝的人工繁殖、资源保护和合理开发利用提供科学依据。

1 材料与方法

(1)以徒步巡查的方式着重调查湖南洞庭湖区稻田黄鳝的产卵期、产卵场所和繁殖行为,并对汉寿县株木山乡村稻田中黄鳝的繁殖洞穴作了详细的观察和测量记录。

(2)室内以解剖、观察黄鳝生殖腺的发育情况为主,分别称性腺重量和鱼体净重量,计算卵巢和精巢的成熟系数(性腺成熟系数=性腺重量/鱼体净重量×100%);同时对人工模拟自然条件下饲养黄鳝的繁殖习性进行观察。

(3)人工模拟条件下泡沫组与对照组受精卵的发育状况比较试验 在黄鳝繁殖期间采集同一时期刚产出的受精卵,将一部分受精卵从泡沫中分离出来,进行孵化对照。另外的受精卵连同泡沫一起孵化(泡沫组)。每组受精卵数为 50 粒,分别放入盛水的培养皿中,每天换水一次。试验设置了 4 种不同的温度水平(22℃、25℃、28℃、31℃),每个水平 3 次重复,连续观察 10d,比较受精卵的发育状况,重点比较受精卵的孵化率、水霉感染率和仔鱼成活率:

$$\text{水霉感染率} = \text{受水霉感染的受精卵数} / \text{原有的受精卵总数}$$

$$\text{仔鱼成活率} = \text{成活的仔鱼数} / \text{刚从卵膜孵出的仔鱼数}$$

(4)放养密度对黄鳝产卵的影响的试验 室内水泥池(面积为 1m²)12 个,每池模拟自然生态条件放置田泥和水葫芦,水深控制在 20cm,以蚯蚓为饵料,在繁殖期选择发育整齐的亲鳝,放养密度分别为 2、3、4、6 尾/m²,每组重复 3 次,观察黄鳝的产卵情况。

2 结果与分析

2.1 黄鳝性腺发育的周年变化规律

为了解洞庭湖区黄鳝生殖腺的发育状况,每月将野外捕来的黄鳝进行解剖和测量,结果表明,从 5 月下旬开始,卵粒直径、卵巢重量和成熟系数的增长速度都明显加快,6 月下旬到 7 月上旬卵巢系数达到最高值(图 1),这是黄鳝卵巢发育最快的时期;卵巢系数在周年变化中只出现一次高峰,达 15.92%~18.39%;而精巢系数的变化不大,变幅范围为 0.18%~0.43%(图 2)。

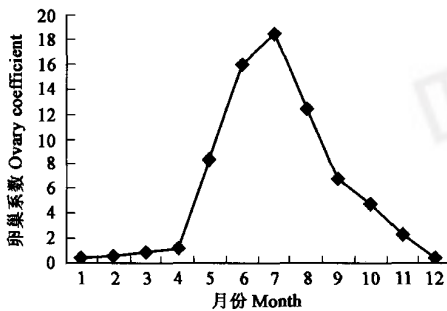


图 1 黄鳝卵巢系数的周年变化

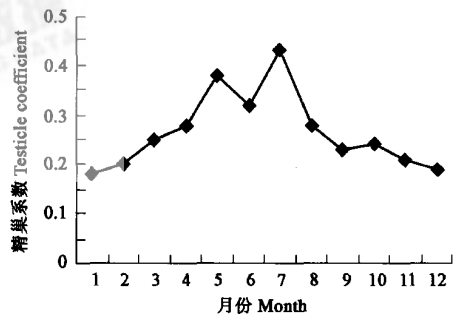


图 2 黄鳝精巢系数的周年变化

Fig. 1 The annual cycles of ovary coefficient in female ricefield eel

Fig. 2 The annual cycles of testicle coefficient in male ricefield eel

2.2 繁殖季节的亲鳝雌雄比例及繁殖行为

在自然状况下,繁殖期亲鳝的雌雄比例一般是:前期雌多于雄;中期趋于相等;后期雄多于雌。野生状态的自然繁殖,基本上是子代与亲代相配,也有少量是子代与前两代雄鳝相配的。如果雌鳝没有找到配偶,一般是不会产卵的,如果成熟后长达半个月仍无配偶,或是气温降低,丧失了孵化条件,雌鳝就不再产卵,所怀卵粒将全部被自身吸收,这类雌鳝将在第 2 年繁殖期的前期产卵。从图 1 可以看出,湖南洞庭湖稻田黄鳝的繁殖季节为 5~8 月份,繁殖盛期是 6~7 月份。但随着天气的变化,亲鳝也可以提前或推迟产卵。当雌鳝所怀卵粒发育到游离状态时,雌鳝腹部便呈现半透明的桃红色。此时雌鳝表现极为不安,常出洞游寻异性,一旦发现雄鳝跟踪,便回头相迎,一起回洞筑巢。黄鳝为短期行为的“一夫一妻”制,如果此时另有雄鳝靠近纠缠,原雄鳝即

会发出猛烈攻击。一般情况下是来犯者退避,但也有更强悍者反攻获胜、取而代之的。作者曾发现过一种现象:这类逃离者和战败者并没有完全放弃它们的追求对象,一旦雌鳝排卵,它们仍一冲而上向卵排精。

2.3 黄鳝的自然产卵过程

作者通过野外调查和室内实验,观察到亲鳝的自然产卵特征为,首先建立繁殖洞,如繁殖洞建成,则说明在 3d 左右即可吐泡沫;接着出现泡沫,一旦发现繁殖洞内布满泡沫,就说明 1d 左右产卵;然后雌鳝离巢,平时一般在繁殖洞口可同时发现雌雄两鳝,一旦发现仅有 1 尾黄鳝探头呼吸,则说明已完成产卵,雌鳝已离巢而去。

2.4 黄鳝产卵场所的生态条件和繁殖洞的结构

2.4.1 产卵场所的泥土和水的 pH 值 在黄鳝繁殖盛期,稻田黄鳝产卵地的水深为 13.70~14.63cm,洞内水温 24.7~30.8℃,在一定的时期保持恒定。由表 1 可知,繁殖洞穴泥土 pH 值范围在 5.6~8.2 之间,其平均值为 6.73±1.012,在 6.1~7.2 范围之内的占 50%,表明黄鳝产卵繁殖地的泥土接近中性或偏酸性。另外分别实测得各个繁殖洞的水的 pH 值范围为 5.5~7.0,进一步表明黄鳝产卵对水的 pH 值要求也是中性或偏酸性。

2.4.2 繁殖洞穴的结构特征 黄鳝有穴居习性,繁殖时在洞

穴中产卵,但繁殖洞不同于一般的居住洞,繁殖洞具有“隐蔽、护卵、防沉、供氧”等作用。根据对稻田内 30 个繁殖洞穴的测量调查结果,发现有以下特点:繁殖洞一般建于很隐蔽的田坎的草丛隐蔽处(彩图-1),洞口靠近水面或水面上方,少数洞穴打在稻田中。每个洞有 2~5 个洞口,可分头洞、尾洞和支洞,头洞口直径 3.5~5.5cm,尾洞口直径 2.0~2.5cm,头尾洞口

相距 30cm;洞口之间由通道横向贯连,通道总长 80~240cm,通道距地表约 10cm,洞壁光滑;通道平面图形大多为 Y 或 V 型(彩图-2),少数为 U 型或一字型。另外,发现每个洞穴的头洞内的通道上都有一个直径约 5.0~12cm 方圆的球状膨大部分,此部位作者称为产卵室。该卵室一般距头洞口 6~15cm,是黄鳝繁殖洞穴特有的构造(彩图-3)。在这个部位,作者找到了泡沫包围的卵或刚孵出的仔鳝,尾洞口直径、洞穴(通道)长度与该洞内守洞鳝体重之间存在着相关关系。黄鳝体重(W)对洞口直径(d)的回归方程: $W=e^{0.32d}$, $r=0.78$;黄鳝体重(W)对洞穴长度(l)的回归方程: $W=e^{0.036l}$, $r=0.72$,根据洞口大小可以大体判别黄鳝的大小。

2.5 产卵过程、泡沫与孵化

产卵前,亲鳝吐泡沫筑巢,所吐泡沫有一定的粘性,雌鳝将卵粒产向泡沫,每窝产卵量不等,一般在 100~300 粒之间,这与雌鳝的怀卵量成正比。由于刚产出的卵稍有粘性,所以很容易被泡沫所粘附,加上精液的悬浮作用,卵粒很快被悬浮于泡沫之下,一旦卵粒吸水膨胀,即使卵粒完全失去了粘性,也不会落入水底。雄鳝射精非常及时,在雌鳝刚产出数粒卵时即开始射精,并准确无误地射向卵粒,将卵粒托住,并与泡沫粘合在一起。雌鳝产完卵之后,即离繁殖洞而去。在产卵和孵卵期间,会不断地形成许多细小致密、成堆成团的泡沫包围在卵的周围。洞内有水时,受精卵随泡沫悬浮于产卵室的上部;无水或水少时,泡沫都覆盖在卵的周围(彩图-4)。泡沫存在时间天数(T)与受精卵出膜时间(t)呈正相关,即 $T=t+n(n=1,2,3,4)$ 。经光镜下观察分析,泡沫实际上是许多潮湿的、细小的、带粘性的、含空气的水泡的集合体,该孵卵泡沫的比重小于水,pH 值为 5.50,偏酸性,粘性较强。泡沫的存在,使受精卵免除了外界水位变化带来的威胁,使受精卵始终处在有一定水分的富含空气的环境中正常发育。

2.5.1 孵化速度与孵化特点 卵粒从排出受精到孵出仔鳝的时间差异较大,野外调查表明:在一般天然条件下,水温为 25~31℃时,5~7d 可孵出;水温为 18~25℃时,8~11d 可孵出;超过 11d 仍未孵出者,将不可能再孵出仔鳝。孵化时间的长短,除了与水温有关外,还有一重要因素——溶氧量。水体溶氧充足(DO 值大于 2mg/L),孵化时间短,仔鳝发育正常。黄鳝胚胎发育的最适温度是 25~28℃(这与表 2 的结果一致)。孵化时要求水温稳定,自然界中黄鳝的受精率和孵化率可达到 95%。试验同时证明:黄鳝胚胎发育过程中,具有不同于其他鱼类的特点:①胚胎发育时间长,一般需 5~11d;②出膜时间不一,先后相差约 48h;③出膜仔鳝个体大(体长 12~13mm),对环境耐受力强,如置于室内白塑料盆里,仔鳝不摄食也能生活 2 个月之久;④胸鳍在胚胎期形成后,不断地扇动,出膜后逐渐退化。

2.5.2 人工模拟条件下泡沫组与对照组受精卵的发育状况比较 在不同温度下,泡沫组受精卵的孵化率分别为 76.0%、96.7%、94.2%、74.0%,而对照组受精卵的孵化率分别为 22.8%、33.9%、30.2%、14.6%(表 2)。泡沫组受精卵的平均孵化率(85.2%)极显著地高于对照组(25.4%)($t=8.18, t_{0.05}=2.45$),由此说明泡沫在黄鳝受精卵的胚胎发育过程中起提高孵化率的作用。而且在水温 25~28℃之间,孵化率明显高于其他温度水平的孵化率($t=12.78, t_{0.05}=4.30$),由此说明黄鳝胚胎发育的最佳温度是 25~28℃。另外从表 2 可以看出,在不同温度水平,泡沫组受精卵受水霉感染的频率分别为 0.0%、2.1%、8.4%、12.5%,极显著地低于对照组受精卵受水霉感染的频率($t=6.18, t_{0.05}=2.45$)。由于水温高于 25℃水霉发生率高,随着温度的升

表 1 黄鳝繁殖洞穴泥土样品的 pH 测定结果

Table 1 pH in the burrows where ricefield eel breedings			
组界(pH 值) Range(pH value)	组中值 Group median	频数 Frequency	频率(%) Frequency
5.6~6.0	5.80	7	0.23
6.1~7.2	6.65	15	0.50
7.3~8.2	7.75	8	0.27

高,受水霉感染的频率明显升高。对照组受水霉感染的频率平均为 70.8%,泡沫组受水霉感染的频率平均为 5.8%。对照明显高于泡沫组($t=6.18$)。至于泡沫组受精卵受水霉感染的频率远低于自然条件下(野外自然繁殖状态)的频率,这是由于在实验的过程中,有的受精卵从泡沫上脱落下来,受到水霉感染的结果。这表明泡沫有抗菌的作用,尤其对水霉病有强烈的抑制作用。

表 2 泡沫对黄鳝受精卵孵化率和仔鱼成活率的影响

Table 2 Effect of the bubble on the hatching and survival rate of <i>Monopterus albus</i>						
水温(℃) Water temperature	孵化率(%) Hatching rate		仔鱼成活率(%) Survival rate		受水霉感染频率(%) Frequency by water mold	
	泡沫组	对照组	泡沫组	对照组	泡沫组	对照组
	Bubble groups	Control groups	Bubble groups	Control groups	Bubble groups	Control groups
22	76.0	22.8	36.0	40.0	0.0	44.8
25	96.7	33.9	80.0	12.0	2.1	65.4
28	94.2	30.2	76.0	4.0	8.4	82.6
31	74.0	14.6	64.0	0.0	12.5	90.5
平均 Average	85.2	25.4	64.0	14.0	5.8	70.8
t-test	8.18		3.73		6.18	

由于泡沫的保护,抑制了水霉的发生,其受精卵平均孵化率 85.2%,仔鱼(体长 12~13mm)平均成活率为 64.0%,显著高于对照组(14.0%)($t>2.45$),水霉平均感染率为 5.8%。通过两组实验的比较,有效地说明了泡沫在胚胎发育过程中提供受精卵所需的氧,保证了胚胎发育的顺利进行。实验中同时发现受精卵卵膜破膜的速率和比例有明显差别,泡沫组>对照组;从孵化时间到出苗时间的长短和整齐度,泡沫组>对照组;从受精卵孵化率和仔鱼成活率比较,泡沫组>对照组。作者通过对黄鳝孵卵泡沫的生化成分及生理作用的分析,证实了孵卵泡沫为大分子的糖蛋白类,在对提高受精卵孵化率、仔鱼成活率、增加溶氧量,促使卵膜正常破裂、抗水霉病等方面具有独特的生理功能^[13]。

2.5 亲鳝护卵习性、守洞鳝的性别及活动规律

在野外,黄鳝卵从产出到孵化至仔鱼的卵黄囊消失以前,都会得到亲鳝的保护,亲鳝有护卵习性,在天然水域中雄鳝在泡沫巢上排精后,就一直守护到仔鳝出膜并等仔鳝的卵黄囊消失、能自由游泳摄食为止。亲鳝隐藏在通道内,看护着卵粒,护卵结束后,即离洞而去。通过对 30 尾守洞亲鳝的性腺观察和切片验证,守洞鳝多为雄鳝(占 61.3%),少数为兼性偏雄性(占 38.7%)。据观察,守洞鳝 1:00~2:00 全在外面活动,其它时间很少见到守洞鳝出洞活动。在此期间,即使守洞鳝受到惊动也不远离,甚至还会奋起攻击出来犯者,若将其赶出洞外,10min 后又回到原洞。调查表明,守洞鳝体长 $L(\text{cm})$ 与体重 $W(\text{g})$ 回归方程为:

$$W=1.25\times10^{-2}L^{1.42}(r=0.76)。$$

2.6 放养密度对黄鳝产卵的效应

黄鳝在高密度群栖状况下,一般不会产卵。这种状况的出现也不排除有“孵化时的不安全”因素的作用^[14],但试验证明“高密度”因素起着主导作用。黄鳝的密度一旦降到 3 尾/ m^2 左右时(表 3),就大量吐出泡沫(彩图-5)或迅速产卵,这就是人工高密度养殖的黄鳝不会产卵的症结所在。这与野外调查结果一致:两个繁殖洞相距最少距离均大于 0.5m,作者认为,这是由于食物资源和空间位决定的,避免了繁殖季节相互干扰,是维持种群生存的一种竞争效应。

表 3 放养密度对黄鳝产卵的影响(2002 年)

Table 3 Effect of stocking density on laying egg of ricefield eel (2002)						
试验组别 Testing group	放养密度(m^2) Stocking density	性比(♀:♂) Sex ratio	放入日期(月,日) Stocking date(Month, day)	初见产卵日期(月,日) Date of first egg-laying(Month, day)	产卵情况 Condition of egg-laying	
					产 Laying	未产 Not laying
1	2	1:1	6.18	7.20	√	
2	3	1:2	6.18	7.20	√	
3	4	1:1	6.18	—		—
4	6	1:2	6.18	—		—

3 小结与讨论

产卵室是黄鳝繁殖时期的洞穴中特有的结构,它与泡沫一起对卵的正常发育所需的水分和氧气起保证作用,是受精卵发育的庇护所。黄鳝具护卵习性,护卵鳝性情较凶猛,多为雄性,少数为兼性偏雄性,从黄鳝的生殖腺发育和成熟系数的测定及野外初见卵出现的时间看,6 月中下旬为生殖腺发育最佳时期,产卵期为 6~8 月份,产卵高峰期为 6 月下旬~7 月上中旬,产卵场主要以稻田为主。

卵在泡沫上受精孵化发育,可大大提高受精和孵化率。因为一是孵卵泡沫能保护受精卵,使之不易被敌害发现;二是可提高受精率,因精子在水中的寿命极短,而在孵卵泡沫中的寿命较长^[10],这就为提高受精率提供了条件;三是使受精卵浮在水面,水面一般含溶解氧量较多,水温也高,而且还可以直接从空气中得到氧气,利于提高孵化率。

针对孵卵泡沫在黄鳍繁殖过程中的重要作用,在目前黄鳍全人工催产繁殖不理想的情况下,作者认为从黄鳍的生态学入手,通过在一定程度上模拟自然生态条件,用人工巢代替泥洞,选择合适的雌雄性比(1:2)和密度(2~3 尾/m²),控制水的 pH 值为 6.0~8.0,在无泥土的池中进行半人工繁殖鳍苗(彩图-6)是可行的。同时建议黄鳍的人工繁殖应在 6 月上旬适时展开,以免贻误时机;授精时间宜安排在晚上进行;受精卵的孵化应在浅水、水温为 25~28℃,避免光线直射的环境下进行,同时注意防止水霉菌的感染。因黄鳍卵子的比重大于水,在自然情况下,受精卵靠亲鳍吐出的泡沫浮于水面孵化出苗。人工繁殖时,由于无法得到这种使鳍卵漂浮的泡沫,鳍卵沉于水底,受精率和孵化率较低,水质容易恶化。建议在人工繁殖时,受精卵应放在与空气接触最大的水表面进行孵化,并适当充气,增加含氧量,采用滴水孵化、基底铺沙等方法,以提高受精率和孵化率。

References:

- [1] Wu H W, Liu C K. On the breeding habits and the larval metamorphosis of *Monopterus javanensis*. *Sinensia*, 1942, **13**:1~13.
- [2] Liu C K, Ku K Y. Histological changes in the gonad of *Monopterus* during sex transformation. *Acta Hydrobio. Sin.*, 1951, **2**(1-2):85~109.
- [3] Leim K F. Sex reversal as a natural process in the symbranchiform fish *Monopterus albus*. *Copeia*, 1963, **2**:303~312.
- [4] Chan S T H, Wai-Sum O, Tang F, et al. Biopsy studies on the natural sex reversal in *Monopterus albus*. *J. Zool.*, 1972, **167**:415~421.
- [5] Xiao Y M. Study on the reproductive biology of *Monopterus albus* I. Early gonadogenesis and structure change *Monopterus albus*. *Acta Sci. Nat. Univ. Norm. Hunan*, 1993, **16**(4):346~349.
- [6] Xiao Y M, Liu Y. Study on the histology in sex changing from intersex to male of *Monopterus albus*. *J. Fish. China*, 1995, **19**(4):297~301.
- [7] Tao Y X, Lin H R. Studies on the natural sex reversal of paddyfield eel(*Monopterus albus*). *Acta Hydrobio. Sin.*, 1991, **15**(3):274~278.
- [8] Tao Y X, Lin H R. Effects of hormones on serum steroid in female ricefield eel(*Monopterus albus*). *Acta Zool. Sin.*, 1993, **39**(3):315~321.
- [9] Tao Y X, Lin H R. Effects of exogenous melatonin on gonadal development and secretion of gonadal hormones in the ricefield eel(*Monopterus albus*). *Acta Zool. Sin.*, 1998, **44**(4):435~442.
- [10] Zou J X. Artificial propagation and embryonic development of *Monopterus albus*. *Technological Information*, 1996, **23**(1):27~30.
- [11] Yeung W S B, Chen H, Chan S T H. The in vitro metabolism of radioactive androsterone and testosterone by the gonads of the protogynous *Monopterus albus* different sexual phases: A time-course and seasonal study. *General and Comparative Endocrinology*, 1993, **89**(3):313~322.
- [12] Guan R Z, Zhou L H, Gui G H, et al. Studies on the artificial propagation of *Monopterus albus*. *Aquaculture Research*, 1996, **27**(28):587~596.
- [13] Yin S W, Zhou G J, Liu Y. Biochemical compositions and physiological functions of froth from *Monopterus albus*. *Acta Hydrobio. Sin.*, 2004, **28**(2):197~201.
- [14] Matsumoto S, Iwata K. Paternal egg guarding and mouth-brooding in the bubble in the swamp-eel, *Monopterus albus*. *Japanese Journal of Ichthyology*, 1997, **44**:35~41.

参考文献:

- [2] 刘建康,顾国彦. 鳍鱼性逆转时生殖腺组织的改变. 水生生物学报, 1951, **2**(1-2):85~109.
- [5] 肖亚梅. 黄鳍繁殖生物学研究 I. 黄鳍生殖腺早期发生及其结构变化. 湖南师范大学自然科学学报, 1993, **16**(4):346~349.
- [6] 肖亚梅,刘筠. 黄鳍由间性发育转变为雄性发育的细胞生物学研究. 水产学报, 1995, **19**(4):297~301.
- [7] 陶亚雄,林浩然. 黄鳍自然性反转的研究. 水生生物学报, 1991, **15**(3):274~278.
- [8] 陶亚雄,林浩然. 外源激素对雌性黄鳍血清类固醇激素的影响. 动物学报, 1993, **39**(3):315~321.
- [9] 陶亚雄,林浩然. 外源性褪黑激素对黄鳍性腺发育及性腺激素分泌的影响. 动物学报, 1998, **44**(4):435~442.
- [10] 邹记兴. 黄鳍的人工繁殖技术及胚胎发育. 水产科技情报, 1996, **23**(1):27~30.
- [13] 尹绍武,周工健,刘筠. 黄鳍孵卵泡的生化成分及其生理作用. 水生生物学报, 2004, **28**(2):197~201.

尹绍武, 等: 黄鳝的繁殖生态学

YIN Shao-Wu, *et al*: Ecological study on the breeding of ricefield eel (*Monopterus albus*)



1. 稻田黄鳝繁殖产卵场所, 箭头示繁殖洞口

The breeding burrow of ricefield eel. The arrow indicates the entrance of breeding burrow

2. 繁殖洞的Y型通道结构, 箭头示通道

The Y type structure of channel in the breeding burrow. The arrow indicates channel of ricefield eel

3. 繁殖洞的产卵室位置, 箭头示产卵室

The egg laying tunnel of breeding burrow. The arrow indicates egg-laying room

4. 收集于碗中的泡沫, 箭头示黄色的受精卵

Collected bubble in bowl. The arrow indicates yellow oospERM of ricefield eel

5. 亲鳝密度为3尾/m²的产卵状况, 箭头示洞口宝塔形的泡沫

The egg-laying station of ricefield eel that feeding density is three ind./m². The arrow indicates the pagoda bubble in the entrance of burrow

6. 人工渠+水葫芦生态环境繁殖的鳝苗

The arrow indicates that the breeding of larva eel under ecological groundings of artificial nest and water grass