

日本鳗鲡人工催产后亲鱼恢复培养与再催产效果

柳 凌, 张洁明, 郭 峰, 鲁大椿

(农业部淡水鱼类种质资源与生物技术重点开放实验室, 中国水产科学研究院 长江水产研究所, 湖北 荆州 434000)

摘要:日本鳗鲡(*Anguilla japonica*)产后亲鱼的恢复培养全过程包括: 产后亲鱼的海水淡化、诱导开口以及亲鱼培育。对2种不同淡化方式的结果比较发现, 日本鳗鲡亲鱼的海水淡化方式以缓慢连续的方式较好, 即每天换水1次, 每次淡化量为总盐度的3%~4%, 总淡化时间为1个月。淡化后的亲鱼存活率分别为: 自然产卵的产后亲鱼达到100%, 人工授精的产后亲鱼为86.3%, 而难产的产后亲鱼则为81.5%。在各种开口驯养方式中, 以水蚯蚓为开口饵料的驯养效果较好。诱导亲鱼开始摄食所需时间最短, 为18 d; 摄食量也最大, 达到平均体重的2.5%。从水蚯蚓逐步转为全人工饵料后, 进行日常亲鱼培育。经18个月的恢复培养后, 使产后亲鱼的平均体重雌鳗330 g、雄鳗150 g分别恢复到765 g和470 g。但2次繁殖的各项指标中, 催熟率、成熟系数和性腺发育情况远远低于野生鳗, 而催产率和幼苗存活率则略高于野生鳗, 其原因尚有待进一步研究。

关键词: 日本鳗鲡; 恢复培养; 再次催产

中图分类号: S965.223 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-8737-(2004)01-0054-05

日本鳗鲡(*Anguilla japonica*)是一种降河洄游性鱼类。在自然条件下, 雌鳗生活在淡水, 达到性成熟后则成批游向河口, 会同生活在河口的雄鳗游向海洋, 进行性腺发育和繁殖等生命活动^[1]。目前, 对日本鳗鲡在海洋中的生活史了解甚少, 产后亲鱼是死亡, 还是重新回到淡水, 尚无确凿的证据^[2-3]。国内外进行人工繁殖研究的日本鳗鲡亲鱼大多取自当年的下海鳗, 而在人工条件下, 日本鳗鲡入海水后处于停食状态, 依靠自身积累的营养物质来维持生命、性腺发育和繁殖活动。产后亲鱼营养物质消耗殆尽, 体质十分虚弱, 一般不用于再次繁殖研究。本研究报道了1998至2002年对人工催产后的亲鱼进行的恢复培养试验, 对产后亲鱼的海水淡化、培养条件和管理、以及再催产效果等实验结果, 以探讨催产后的日本鳗鲡在人工恢复驯养条件下是否具有再催产的可能性。

1 材料和方法

1.1 材料来源

实验用亲鱼均取自珠江口的下海野生鳗, 选择体质健壮, 无病害的鳗鲡作为实验用鱼。雌鳗体重为550~650 g/尾, 雄鳗为250~400 g/尾。所有亲

鱼运回长江水产研究所实验用养鱼房中进行实验。经15 d逐步适应海水后, 养殖于盐度30的海水中。入海水10 d后, 开始采用外源激素诱导性腺发育。每次注射外源激素及剂量为0.5 mg 垂体(carp pituitary, CP)+20 IU 人绒毛膜促性腺激素(human chorionic gonadotropin, HCG)/500 g 雌鳗, 雄鳗剂量减半。注射针距为12 d。经110 d左右, 性腺发育成熟。进行人工催产, 包括自然产卵受精和人工授精2种方式。

1.2 海水淡化

由于不同的产卵方式对亲鱼的损伤程度不同, 故将产后亲鱼按自然产卵、人工授精、难产3种情况分组进行海水淡化, 每种情况的产后亲鱼又随机分为2实验组, 采用不同的淡化方式进行淡化比较试验。方法一: 每星期换水1次, 淡化量为总盐度的25%左右, 分4次完成淡化, 时间为1个月。方法二: 每天换水1次, 淡化量为总盐度的3%~4%, 完成淡化时间也为1个月。所有实验鱼均暂养在1.8 m×0.6 m的玻璃钢水槽中进行淡化, 水经循环过滤、充气, 水温控制昼夜温差不超过3℃。每种方法设1对照组。对照组与实验组的亲鱼同时置入海水, 养殖条件与实验组催熟、催产的条件完全相同,

收稿日期: 2003-07-28; 修订日期: 2003-11-03.

基金项目: 中国水产科学研究院基金项目资助(2001-1-4).

作者简介: 柳 凌(1959-), 男, 副研究员, 主要从事鱼类生殖生理研究. E-mail: Liul@yfi.ac.cn

但不进行催熟、催产。淡化时,实验组与对照组在不同的水槽中,用同样的方法同时开始淡化。

1.3 亲鱼恢复

淡化后的亲鱼随机分为4组转入4 m×8 m的小型水泥养鳗池,水深1.2 m。每池为1组,养殖日本鳗鲡20~25尾。池顶用瓜棚遮阴,水面放少量水葫芦,以便日本鳗鲡躲藏、栖息。定期换水,水源为池塘过滤水,水质调节使用过氧化钙,pH 8.0。对不同的饵料诱导日本鳗鲡开口的效果进行比较实验。实验选用的开口饵料分别为水蚯蚓、河蚌内脏、小型鱼类、蝌蚪,以及人工饲料(江苏产常兴牌成鳗料),共5种,均为日本鳗鲡喜食的饵料。每组用不同的开口饵料进行喂养,饵料投喂量以20 min吃完为准,记录每次投喂量。

待亲鳗摄食正常后,逐渐添加人工饲料进行驯化培养,直至完全采用人工饲料。投喂时间一般为晚上7点左右,此时日本鳗鲡摄食旺盛。根据摄食情况,4~7 d换水一次。注意水质变化情况,经常用过氧化钙调节水质。定期测定亲鳗体重,并根据体重变化情况调整饲料投喂量。产后亲鱼恢复培养时间为18个月。

1.4 二次催产

经18个月恢复培养后的亲鱼与当年收的野生鳗一同入海水,进行催熟、催产比较实验。产后亲鱼和野生鳗分别养在实验房的玻璃钢水槽中。每立方米水体养雌鳗6尾,雄鳗12尾。催熟、催产条件尽量保持一致,海水盐度为30、水温(21±0.5)℃、pH

7.8、催熟针距为12 d,催熟剂量:雌鱼每次注射(CP 0.5 mg + HCG 20 IU)/500 g,雄鱼减半。进行比较的指标分别为催熟率、成熟系数、催产率、难产比及幼苗存活率。

2 结果与讨论

2.1 产后亲鱼的淡化

日本鳗鲡是一种广盐性鱼类。当它降河洄游进行繁殖活动时,对盐度变化的适应能力是很强的。能从淡水直接进入盐度34的海水,同时维持自身相对稳定的渗透压和离子浓度。这是因为日本鳗鲡具有发达的泌氯细胞和排泄系统,通过增大饮水量,泌氯细胞排出吞饮海水时吸收的Na⁺和Cl⁻,在1~2 d即可补偿失水而使体内的水盐代谢达到平衡^[4-5]。

当日本鳗鲡从海水再回到淡水,情况则有所不同。实验观察发现,此时的日本鳗鲡体质非常虚弱,其特征表现为消化道严重萎缩;体表粘液减少;泄殖孔红肿、突出;鳍条分叉、溃烂;无摄食行为。不同催产方式的产后亲鱼损伤症状表现程度依次为难产>人工授精>自然产卵,而淡化后的存活率由高到低依次为自然产卵>人工授精>难产。因此,产后亲鱼的损伤程度与淡化后的存活率存在一定的关系,损伤程度越轻,淡化存活率越高。实验中采用了2种不同的淡化方式,一种是快速跳跃式的,即方法一;一种是缓慢连续的,即方法二。不同淡化方式对亲鳗存活率的影响结果如表1所示。

表1 不同淡化方式对产后亲鳗存活率的影响

Table 1 Effects on survival rate of spawned parent Japanese eel using different desalt methods

淡化方式 Desalt method	自然产卵 Spontaneous spawning			人工授精 Artificial fertilization			难产 Dystocia			对照组 Control		
	总尾数 Total/ind	死亡数 Dead/ind	存活率/% Survival rate	总尾数 Total/ind	死亡数 Dead/ind	存活率/% Survival rate	总尾数 Total/ind	死亡数 Dead/ind	存活率/% Survival rate	总尾数 Total/ind	死亡数 Dead/ind	存活率/% Survival rate
方法一 Method one	87	17	80.5	46	32	30.4	24	19	20.9	21	3	85.7
方法二 Method two	89	0	100	51	7	86.3	27	5	81.5	21	0	100

注:方法一:每星期换水1次,淡化量为总盐度的25%左右,分4次完成淡化,时间为1个月。方法二:每天换水1次,淡化量为总盐度的3%~4%,完成淡化时间也为1个月。

Note: Method one: The water was changed once a week with salinity decreased at 25% for each time, totally one month. Method two: The water was changed once a day with salinity decreased at 3%~4% for each time, one month.

从表1可看出,不同的海水淡化方式对日本鳗鲡产后亲鱼的存活率有一定影响。与对照组比较,

方法二对产后亲鱼的海水淡化效果明显优于方法一。特别是自产的亲鱼在方法二中其存活率达到了

100%,说明日本鳗鲡产后亲鱼在人工条件下是能够完成从海水回到淡水的渗透压调节过程的,但该过程是一个连续缓慢的过程。该结果与 Tesch^[6] 的报道基本相同。分析认为,日本鳗鲡从海水重新回到淡水,需要减少吞饮水行为,同时各种离子的吸收和排出都迅速减少,肾小管对水的渗透性降低,以减少水分的重吸收。但由于此时的亲鱼经过长达 110 d 以上的停食、性腺发育和繁殖活动,消化系统和排泄系统的功能受到了很大的影响,无法在短时间内恢复上述渗透压调节功能。因此,需要一个缓慢连续的恢复过程,才能激活适应淡水的渗透压调节机制。

但在自然条件下,根据 Tsukamoto^[7] 的报道,推算我国台湾的日本鳗鲡在每年 12 月中旬下海后,要洄游到马里亚那群岛以西的海域产卵。其间的洄游距离约 2 kmile。日本鳗鲡产卵后,其自身的营养物质已消耗殆尽,是否能洄游到河口、或即使洄游到河口,是否能完成海水淡化过程,尚有待进一步的考证。

2.2 产后亲鳗的恢复培养和管理

亲鱼完成淡化后,即转入室外水泥养鳗池进行恢复培养。恢复培养过程中最大的困难是让亲鱼恢复摄食能力。实验证明,鳗鲡在入海水期间是完全不摄食的,消化系统严重萎缩。必须首先选择适合的开口饲料,以便诱导产后亲鱼逐步恢复摄食能力。因此,本研究分别用成鳗养殖过程中日本鳗鲡喜食的人工饲料、水蚯蚓、河蚌内脏、小型鱼类、蝌蚪对日本鳗鲡进行了恢复摄食效果比较试验,实验结果如表 2 所示。

表 2 不同饲料对产后亲鱼恢复摄食效果的比较

Table 2 Comparison of refeeding effects among different feeds for spawned Japanese eel

饲料种类 Type of feed	开始摄食的时间/d(第 n 天) Time of refeeding	摄食量/%(体重比) Quantity of refeeding
水蚯蚓 Aquicolous worm	18	2.5
河蚌内脏 Mussel bowels	25	1.0
小型鱼类 Small fish	44	0.5
蝌蚪 Tadpole	47	0.5
人工饲料 Artificial feed	-	-

"-" 指未摄食

"-" means the eel did not feed.

实验结果表明:产后亲鱼最适的开口饲料为水

蚯蚓,从进入淡水到开口摄食所需的时间最短,约 18 d,开口摄食的量也最大,约占平均体重的 2.5%。其次是河蚌内脏。小型鱼类和蝌蚪可以使产后亲鳗恢复开口摄食,但恢复开口摄食所需的时间较长,开口摄食量也较小。人工饲料完全不能使产后亲鳗开口摄食。

鉴于上述研究结果,在实验的第 2 年采用水蚯蚓作为产后亲鳗的恢复开口饲料,待亲鳗摄食正常后,逐渐添加人工饲料进行驯化培养,直至完全采用人工饲料。产后亲鳗在淡水中全部培养时间为 18 个月,其中包括约 4 个月的冬季停食期,其平均体重变化情况如图 1 所示。

从图 1 的结果可看出,产后亲鳗在最初 1~2 个月的平均体重呈下降趋势,这是由于此时亲鳗需要进行恢复开口培养和食性转化培养,同时,根据对此时日本鳗鲡消化道中消化酶的测定结果分析,认为,可能此时日本鳗鲡自身与消化调节有关的神经内分泌系统需要一段时间来达到平衡,因此,称这一时期为平衡期。然后,亲鳗进入第 1 次增长期,时间 3~4 个月,这期间亲鳗随着摄食量增加,体重也在逐渐增加,但不能恢复到产卵前野生鳗的体重。这一时期平均体重增长的结果雌鳗为 430 g,雄鳗为 245 g。这一时期为增长 I 期。这一时期过后就进入 4~5 个月的越冬期。在越冬期内,由于平均水温较低,为 6~8℃,故日本鳗鲡一般不摄食,体重略有下降。越冬后,在来年的 3、4 月份亲鳗进入第 2 次体重增长期,时间为 7~8 个月。增长结果雌鳗平均体重为 765 g,雄鳗为 470 g,二者均超过了最初野生鳗的平均体重。这一时期为增长 II 期。

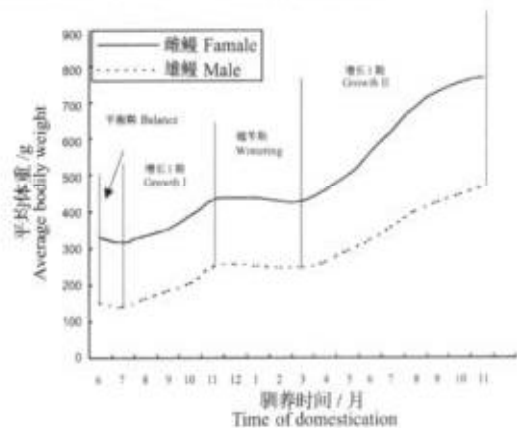


图 1 产后亲鳗恢复培养期平均体重变化情况

Fig. 1 Change of average body weight in spawned Japanese eel during domestication

研究证明,日本鳗鲡要达到在人工条件下进行二次催熟、催产,必须要经过上述 4 个时期的恢复培养。在增长 I 期结束后就将日本鳗鲡入海水进行人工催熟,其性腺基本上不发育。分析认为,日本鳗鲡自身营养物质的积累程度与性腺发育有密切的关系。营养物质积累越丰富,性腺发育越好,反之,则性腺发育会受到很大影响。

2.3 产后亲鱼的再催熟、催产

将经 18 个月恢复培养后的产后亲鳗与当年收的野生鳗一同入海水,进行催熟、催产比较实验。解剖观察,此时的产后亲鳗卵巢发育为 II 期末,与野生鳗基本相同;成熟系数产后亲鳗为 0.5%~0.9%,野生鳗为 0.6%~1.3%,产后亲鳗卵巢成熟系数低于野生鳗。经 110 d 左右的催熟后,即进行人工催产和鱼苗孵化。表 3 显示了产后亲鳗同野生鳗几项与繁殖有关的指标比较结果。

表 3 产后亲鳗同野生鳗催熟、催产效果比较
Table 3 Comparasion of effects of induced maturation and spawning between spawned Japanese eel with wild broodstock

亲鳗来源 Source of broodstock	催熟率/% Rate of induced maturation	成熟系数/% Gland maturation modulus	催产率/% Rate of induced spawning	幼苗存活率 /% Livability of fry
产后亲鳗 Spawned parent eel	47.3	38	83.6	10.5
野生鳗 Wild broodstock	94.5	42	81.5	9.5

从表 3 可看出,产后亲鱼的催熟率远远低于野生鳗。野生鳗的平均催熟率可达 94.5%,而产后亲鱼的催熟率则只有 47.3%。解剖观察,无论雌雄,约 50%的产后亲鱼其性腺发育出现异常。有的一侧性腺发育正常,另一侧不发育或发育缓慢;有的是同一侧性腺一段发育,一段不发育或发育缓慢;有的性腺甚至出现断裂。这种现象在其他鱼类尚未见相关报道。其原因有待进一步的研究。表 3 中的成熟系数是性腺发育到第 90 天的比较结果。解剖观察发现,此时 2 种亲鳗性腺发育均达到 IV 期,但野生鳗

80%以上的被检个体卵粒发育较整齐、饱满、弹性较好,而产后亲鱼中有近 50%的被检个体的卵粒发育则不整齐,III、IV 期的卵混杂在一起。催产率结果比较,产后亲鳗略高于野生鳗,这主要体现在自产比例上,由此影响到幼苗的存活率。表 3 的幼苗存活率为孵化后第 5 天的存活率,即幼苗死亡高峰期后,产后亲鳗的幼苗存活率也略高于野生鳗。研究证明,幼苗的存活率和存活时间与产卵方式有直接的关系,其原因将在另文阐述。

综上所述,日本鳗鲡在人工条件下,繁殖完成后是从海水回到淡水重新开始育肥生长的。但整个过程较复杂,人工管理起了十分重要的作用,包括亲鱼的淡化、恢复开口摄食和食性转化等一系列管理手段。但从产后亲鱼的两次繁殖效果来看,催熟率和性腺发育情况远远低于野生鳗,而催产率和幼苗发育情况则略好于野生鳗。这为日本鳗鲡人工育苗的研究提出了新的研究课题和方向。另一方面,虽然产后亲鱼在人工条件下成功的完成了从海水回到淡水的过程,但并不能说明在自然条件下它也能完成这一过程。相反,研究认为在自然条件下,由于产后亲鱼体质十分虚弱,依靠鳗鲡自身的力量,可能很难完成这一过程。

参考文献:

- 1 王义强,赵长春,施正峰,等. 河鳗人工繁殖的初步研究[J]. 水产学报,1980,4(2):147-156.
- 2 黄大明,陈世群. 鳗鲡的生活史和人工育苗技术探讨[J]. 生物工程进展,1997,17(2):3-12.
- 3 多部田修. 日本鳗鲡初期生活史及苗种生产展望[M]. 东京:恒星社厚生阁,1996,65-118.
- 4 林浩然. 鱼类生理学[M]. 广州:广东高等教育出版社,1998,129-132.
- 5 Foskett J K, Pedersen B H, Nilssen E M. The chlorid cell: definitive identification as the salt-secreting cell in teleosts[J]. Science, 1982, 215: 164-166.
- 6 Tesch F W. The eel, Biology and management of Anguillid eels[M]. London: Man and Hall, 1973.
- 7 Tsukamoto K. Otolith daily increments in the Japanese eel[J]. Nippon Suisan Gakkaishi, 1989,55(6):1 017-1 021.

Effects of renewal cultivation and renewal reproduction after spawning in Japanese eel *Anguilla japonica*

LIU Ling, ZHANG Jie-ming, GUO Feng, LU Da-chun

(Key Laboratory of Freshwater Fish Germplasm Resources and Biotechnology, Yangtze River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Jinzhou 434000, China)

Abstract: This experiment aimed at researching the possibility of renewal cultivation and renewedly reproducing to spawned Japanese eel *Anguilla japonica*. The methods used in the experiment included desalination, refeeding and daily management for spawned Japanese eel. Two different modes were adopted in desalination, one was fast and jumping, and another was slow and running. In fast and jumping mode, the seawater was changed by freshwater once a week. Totally, 25 % of salinity was declined in each exchange, and four times of exchange were needed to complete the process for one month. In slow and running mode, the seawater was changed by freshwater once a day. In each exchange, 3% - 4% of total salinity was declined, and also one month was needed to complete the process. In order to induce the spawned Japanese eel to re-feed, five kinds of food were used, and their effects were compared.

The comparative results between the two desalination modes were detected that it was more effective to spawned Japanese eel using the mode of slow and running. The survival rates of spawned Japanese eel after desalinated are 100% in the group of spontaneous spawning, and 86.3% in the group of artificial fertilization and 81.5% in the group of dystocia. In all kinds of re-feeding foods, aquicolous worm was the most perfect to induce the spawned Japanese eel to re-feed. At 18th day after the spawning, the re-feeding began, which was the earliest. The quantity of re-feeding could reach 2.5% of the average avoirdupois of spawned Japanese eel, which was the most. After the food was gradually changed from aquicolous worm to artificial feed, the daily management was engaged. After 18 months of cultivation, the average body weight of spawned Japanese eel rose from 330 g for female eel and 150 g for male eel to 765 g and 470 g, respectively. In each parameter of the second spawning, the rate of induced maturation, the gonad index and the gonad development status of spawned Japanese eel were significantly inferior to those of wild broodstock, but the rate of induced spawning and survival of fry were slightly higher. The reason would be studied in the future.

Key words: *Anguilla japonica*, renewal cultivation, renewedly reproducing