

四大家鱼的人工繁殖

中国科学院水生生物研究所第二研究室



湖北科学技术出版社

四大家鱼的人工繁殖

中国科学院水生生物研究所第二研究室

湖北科学技术出版社

四大家鱼的人工繁殖

中国科学院水生生物研究所第二研究室

*

湖北科学技术出版社出版 湖北省新华书店发行

荆州新华印刷厂印刷

787×1092毫米32开本 3.75印张 84,000字

1983年10月第2版 1983年10月第1次印刷

印数：1—10,400

统一书号：16304·26 定价：0.43元

目 录

绪言.....	1
第一章 家鱼繁殖的生物学基础知识	4
第一节 家鱼生殖细胞的发育、成熟和生殖周期	4
一、生殖细胞发育、成熟、排放和退化吸收的一般规律	4
二、生殖腺的分期标准和生殖周期	11
第二节 成熟年龄与成熟系数	19
一、成熟年龄	19
二、年龄鉴定的方法	21
三、成熟系数的变动及其与繁殖力的关系	23
第三节 家鱼的雌雄鉴别方法	25
第四节 内分泌腺与鱼类性腺发育成熟的关系	25
一、脑下垂体	25
二、下丘脑	31
第二章 亲鱼的培育和选择	34
第一节 亲鱼的培育	34
一、亲鱼培育的重要性	34
二、营养物质与其它影响亲鱼性腺发育质、量的生态条件	35
三、四大家鱼亲鱼培育的主要技术措施	43
四、亲鱼培育池的日常管理	50
第二节 亲鱼的选择	51
一、问题的提出	51
二、关于亲鱼选择的几个问题的讨论	52
第三章 人工催产	59
第一节 外源激素在人工催产中的应用	59
第二节 催产剂简介	62
一、脑下垂体（简称垂体或PG）	62
二、绒毛膜促性腺激素（简称激素或HCG）	65
三、丘脑下部促黄体素释放素（简称释放素或LRH）	

及其类似物（简称类似物或 LRH—A）	66
第三节 亲鱼成熟度的生物学指标	66
一、成熟雄鱼的选择	67
二、成熟雌鱼的选择	68
第四节 催产的方法	71
一、人工催产的生态要求	71
二、亲鱼的配对	75
三、催产操作	75
第四章 人工孵化	89
第一节 家鱼的胚胎发育	89
第二节 决定胚胎发育好坏的内在因素	94
一、胚胎发育的临界期	96
二、多精入卵与单精受精问题	97
三、孤雌发育与雌核发育	98
第三节 影响胚胎发育的外界因素	99
一、温度的影响	99
二、光线与光色的影响	100
三、生物敌害	102
四、氧含量的影响	102
五、机械损伤	103
六、酸碱度	104
七、污水的影响	104
第四节 孵化用水源、过滤设备与孵化工具	106
一、水源选择	106
二、过滤设备	106
三、孵化工具	107
第五节 卵粒的收集与计数以及定量转入孵化装置的措施	114
第六节 受精率、孵化率与出苗率的统计	115
第七节 鱼苗下塘时间与数量的确定	116

绪 言

鲢、鳙、鲩、青四种家鱼是我国劳动人民在池塘养鱼生产实践中选定的混养高产品种，是我国池塘养鱼和中、小型天然水体放养的主要种类。由于池塘养鱼的生产周期不能过长，这四种鱼都养到性成熟以前的生长盛期即起捕上市，因此，供成鱼生产用的苗种习惯于从江河中捞捕。但捕捞天然苗种既有丰歉无常、品种不全等“靠天吃饭”的缺点，又有混杂许多野鱼苗而必须进行一系列繁琐的人工淘汰与筛选工作，如果再加上长途运输的损失与大量人力物力的消耗，天然苗种的成本甚高，且无法满足成鱼计划性生产的需要。解放以来，随着工农业生产的全面发展，农田水利的兴建，淡水养鱼生产的水面也有所增长，天然苗种的捞捕量虽也由于加强捕捞而有所增加，但仍远远不能满足生产发展的需要。采用人工繁殖的办法来改革这一苗种生产的落后面貌，逐渐成为广大水产科技工作者的共同愿望。

开始，大家对于在池塘中饲养的家鱼性腺能否发育成熟还缺乏深入的调查研究，有些单位便先后到湘江与长江产卵场（1951~1954年），利用天然成熟的家亲鱼，进行人工受精或催产人工受精等方法，取得了大量纯净的人工孵化家鱼苗。随后（1955~1956年），在两广地区发现了池塘中饲养的鲢、鳙鱼可以发育成熟，雌鱼卵巢能达到Ⅳ期，而雄鱼能挤出精液。于是，从1957年起便开始了池塘培育鲢、鳙亲鱼并进行催产试验。1958年4月，水产部南海水产研究所首先将池养鲢、鳙亲鱼用鲤鱼

脑下垂体催产，并结合流水刺激的办法，获得了第一批池养家鱼人工繁殖的鱼苗。此后，各种家鱼的人工繁殖技术及其有关的生物学基础理论的研究工作在全国蓬勃发展。目前，即使在盛产天然鱼苗的沿江地区，也都推广采用了人工繁殖鱼种的措施。池塘培育各种家亲鱼进行人工繁殖的技术，在全国各地推广与运用，已为发展我国淡水养鱼生产做出了巨大的贡献。

随着家鱼人工繁殖技术及其有关生物学基础知识的推广与普及，为提高我国养殖鱼类生产性能的群众性的科学实验活动的普遍开展奠定了较好的基础。现在，我国长江以南的不少地区，通过对产后亲鱼强化培育的办法，已能使鲢、鳙、鲩鱼一年产卵多次，提高和充分发挥了家鱼的苗种生产潜力；并利用人工催产和人工受精的技术，开展了群众性的养殖鱼类的杂交选育工作。在丰富我国的淡水养殖鱼类品种，或改善原有品种的养殖性能，以及提高单位面积成鱼产量等方面，做出了一定贡献。此外，在新催产剂的人工合成和推广应用方面，在改进人工孵化技术，避免人工繁殖家鱼后代退化等问题的群众性科研活动方面，也都取得了一些新成绩。

这本小册子，介绍了与家鱼人工繁殖有关的生物学基础知识，各种亲鱼的选择、培育方法及其原理，人工催产和孵化的技术措施，并讨论了各种影响催产和孵化效果的內因和外因等问题，可供水产战线的广大工人、技术人员和农村知识青年参考，冀望为普及四大家鱼人工繁殖的科学技术知识，聊尽一点力量。参加本书编写的有王祖熊、苏泽古、陆仁后、赵明蓊、张德宁、俞豪祥等同志，并由陈宏溪、王祖熊两同志负责审定。书中部分插图由梁秩桢、狄克非两位同志协助完成，特此致谢。

本书原于一九七八年十一月出版，这次修订重排，部分插

图由郑英同志重新绘制，表示感谢。因时间仓促，我们只改正了个别错误之处。由于我们掌握的资料不够全面，加上缺乏丰富的生产实践经验和系统的基础理论研究工作，所以，在内容上必然有许多遗漏、不当或错误之处，请读者批评指正。

第一章 家鱼繁殖的生物学基础知识

第一节 家鱼生殖细胞的发育、 成熟和生殖周期

熟悉家鱼性细胞发育成熟和生殖周期的变化规律，有助于我们了解亲鱼性腺成熟的状况，以便掌握适当的催情时间和措施，获得良好的人工繁殖效果。中国科学院实验生物研究所、南海水产研究所、武汉大学、湖南师范学院、浙江水产研究所和中国科学院水生生物研究所等单位，在这方面做了不少研究工作。本节主要引用水生生物研究所的材料，同时也参考引用了其他单位的材料。

一、生殖细胞发育、成熟、排放和 退化吸收的一般规律

1. 卵细胞的发生、生长、成熟排放或退化：家鱼的卵子发生同一般硬骨鱼，从卵原细胞到成熟卵子，经过四个时期：

(1) 卵原细胞分裂期(即配丝期)：这期又分细丝、配丝、敛缩、厚丝、双丝等时相。

(2) 原生质生长期(即小生长期)：这期又分稚龄时相和一层滤胞时相。

(3) 营养质生长期(即大生长期)：这期又分卵黄开始沉积时相和卵黄充满时相。

(4) 成熟期：卵子完全成熟，准备产卵。为便于应用，一般都把卵细胞划分成 5 个时相。

- ①第一时相：相当于稚龄时相。
- ②第二时相：相当于一层滤胞时相。
- ③第三时相：相当于卵黄开始沉积时相。
- ④第四时相：相当于卵黄充满时相。
- ⑤第五时相：相当于成熟时相。

现以白鲢为例进行说明，青、草、鳊鱼也是一样，分期相同而细胞的大小会有不同。

白鲢的性腺是由体腔背部 2 个隆脊（生殖褶）发育而成。生殖褶的上皮细胞转化成为原始性细胞。进一步分化成为卵原细胞或精原细胞后，就以不同的方式发育成为卵子或精子。各期卵细胞的形态特征如下：

(1) 配丝期：此期是白鲢卵巢发生的最初时期，也是卵母细胞发育的最早期，它由卵原细胞分裂而来。卵母细胞排列紧密，核大而呈圆形，胞质占很少的位置，在高倍显微镜下方可见到少量胞质。卵母细胞直径 12~22 微米，核径 6~11 微米。这期所属各时相的特点如下：

- ①细丝时相：染色体较细，具有一个大而明显的核仁。
- ②配丝时相：染色体较粗，细胞直径 6~8 微米。
- ③敛缩时相：染色体缩成一团，约占核的二分之一。
- ④厚丝时相：染色体伸长，卵母细胞直径 16 微米。
- ⑤双丝时相：染色体断裂，成为一对一对的。卵母细胞长径 35 微米，短径 18.7 微米，核径 15 微米。

在第 I 期卵巢中，主要是卵原细胞向初级卵母细胞过渡的细胞群。此期用肉眼分不出雌雄，鱼种阶段的卵巢处于此期。

(2) 小生长期：是卵母细胞的原生质生长期，它又可分为

2 个时相。

①稚龄时相：细胞直径20~83微米，膜很薄。细胞核圆形，核径16~49微米，核内有灯刷状的染色体，靠近核膜内缘分布着4~19个核仁，其直径3.4~8.5微米，核仁内有时出现泡状小粒。有卵黄核，它在细胞的一边，圆形或椭圆形，其直径为11~20微米。

②一层滤胞时相：卵母细胞直径92~301微米，卵膜无放射纹，仍很薄，滤胞膜单层。细胞核椭圆形，核径49~129微米。核仁7~39个，直径2.3~13.6微米。核内染色体已解散。细胞质变化很大，呈网状。有卵黄核出现，但比稚龄时相少。这期的卵母细胞称为第二时相卵母细胞，以第二时相卵母细胞为主体的卵巢称为第Ⅱ期卵巢。卵巢呈带状，无色透明。

(3) 大生长期：是营养物质的生长阶段，这期又分2个时相。

①卵黄开始沉积时相：卵母细胞进入营养质生长时期，这期的主要特点是随卵黄和脂肪的沉积而体积大大增大。开始出现液胞，有一层、二层、三层等，随着液胞层数的增多，卵黄的沉积，卵母细胞不断增大。一层液胞时，其卵母细胞直径246~295微米，核径87~160微米，液胞直径13微米。核仁14~74个，一般大小为4.1~6.8微米。卵膜厚度为1.37微米，未见放射纹，膜外二层滤胞。卵黄自卵膜内周开始形成。二层液胞时，其卵径271~431微米，核径116.2~152.9微米，核仁同上。卵膜厚度1.7微米，放射带出现。三层液胞时，其卵母细胞直径394~504微米，核径125~180微米。卵膜厚4微米。卵黄自卵中央围核形成，使卵母细胞内部卵黄突然增多。此时，初级卵母细胞达到第三时相。以第三时相卵母细胞为主体的卵巢属于第Ⅲ期。

②卵黄充满时相：卵母细胞直径492~1070微米，核径为68~254.8微米。核的外形一般是不规则的椭圆形或长方形，随

卵母细胞的成熟而逐渐变为变形虫形,核膜成波浪状,有放射状突起,核质分布均匀。核仁 9~86 个。卵膜厚 10.9 微米,细胞膜有清楚的放射带。卵膜外有二层滤胞,厚度约 6.2~9.2 微米,滤胞细胞成梭形。卵黄粒几乎填满整个卵母细胞,从外周至核膜有 52~56 层卵黄粒层,外层的卵黄粒形状稍长,较小,约 $13\sim 20\times 6.3\sim 10.2$ 微米,中层卵黄粒呈球形或卵圆形,较大,约 $15.3\sim 20.4\times 10.2\sim 15.3$ 微米,内层卵黄颗粒比外层长,椭圆形,约 $3.4\sim 8.5\times 10.2\sim 13.6$ 微米。细胞质被挤缩在卵膜内缘及核的周围形成二个薄层,在外围的细胞质中有 2~3 层被挤得很紧的液胞,其外面一层较少。这时的卵母细胞已达第四时相。以第四时相的卵母细胞为主体的卵巢属于第Ⅳ期。此时的卵巢可用肉眼看清楚卵粒。

(4) 成熟期:完成营养质生长的初级卵母细胞,核圆形,偏于一极,核仁趋于集中。整个细胞为卵黄所充满。卵黄集中的一端为植物极,细胞质集中的一端为动物极,植物极为动物极的 6.7 倍。卵黄颗粒圆形或卵圆形,在植物极部分的卵黄颗粒较大,植物极下缘有卵黄合并现象。卵膜上有放射纹。细胞核的极化及卵母细胞从固着状态向流动状态过渡,是这期的主要特点。当亲鱼受到内外因素的刺激后,这个过程很快,在十几个小时内完成。据上海水产研究所的资料:白鲢在水温 27°C ,注射催产剂后 3~4 小时,卵黄粒彼此融合连成一片,卵粒外表显出半透明状态,核向着卵膜孔附近移动,出现极化现象。注射后 5~6 小时,核膜溶解,卵周围的滤胞即开始破裂和溶解,使卵脱离滤胞的包围,而游离于卵巢腔内。催产后 7~8 小时,染色体进行第一次成熟分裂,放出第一极体。9~11 小时,次级卵母细胞开始第二次成熟分裂并停留在分裂中期。一般把这个过程称为成熟。这时卵子如及时产出就能受精,

并排出第二极体，雌雄原核结合，开始细胞分裂，进行发育。

(5) 排卵：在卵子进行成熟变化过程中，卵子周围的滤胞膜破裂，这时成熟的卵母细胞就排出滤胞之外，成为卵巢腔内游动的成熟卵，这个过程称为排卵。那么第四时相卵母细胞和排出的第五时相卵母细胞又有什么变化呢？下面以草鱼为例说明如下：4月中旬的草鱼卵巢外观为淡银灰色或淡绿色。第四时相卵母细胞数占全部卵母细胞总数的9.8~28.5%，但其体积占总体积的54.8~74.3%，卵径1.00~1.235毫米，大部分卵母细胞核在细胞中间，少数略偏心，此时的卵巢属第Ⅳ期初。5月上旬草鱼卵巢呈苍黄色。第四时相卵母细胞数占25.1~43.5%，体积占87.1~95.7%，卵径1152~1620微米，卵核在正中略偏或偏到自卵中心到卵膜间距离的二分之一左右，此时卵巢属第Ⅳ期中或第Ⅳ期中末，催情可获成功。产出的正常卵为第五时相卵母细胞，铜绿色，卵径1368~1800微米，核已消失，原生质集中到动物极。在第Ⅳ期中或第Ⅳ期中末，卵巢中的第四时相卵母细胞中，卵黄颗粒为方形或长方形片状物，其中夹杂有极小方形小块及少数圆形泡状结构，这些片状物不能互相粘合。当注射催产剂后的第五时相卵母细胞的卵黄粒变为圆形胶状物，互相接触时可融合。

当成熟的卵子呈游离状态时，称为第五时相卵母细胞，以此时相的卵母细胞为主体的卵巢属于第Ⅴ期。

(6) 退化吸收：产卵后的卵巢即进入第Ⅵ期。这时卵巢色泽较暗，卵巢膜弹性差，有大量破裂滤胞，年轻的初级卵母细胞、卵原细胞以及未产出的第四时相退化的卵母细胞。退化的过程，开始是放射膜被滤胞细胞分泌物的影响而破坏，破坏后的放射膜增厚，看不到放射纹，有时在放射膜被破坏之前，在滤胞膜之下积聚着液体。核胀大，失去外形，同时开始溶

解，核质与细胞质融合在一起。卵黄粒胶液化，或出现橘黄色的物质小块。卵黄粒大小混杂不整齐，并有融合现象。滤胞上皮细胞顶部扩大变为立体状，顶端逐渐伸入被溶解了卵膜的卵母细胞中，不久即开始吞噬卵黄块。外周的结缔组织及淋巴细胞也参加吞噬活动。卵巢膜起皱纹并出现黄斑，随即退化卵被吸收，卵巢也逐渐缩小。如草鱼在9月中旬的退化卵巢中，主要由第二时相卵母细胞和退化的第四时相卵母细胞组成。退化的第四时相卵母细胞数占16.5~17.8%，其体积占96.7~98.5%，卵径为1425~1710微米。整个吸收过程很长，在吸收结束时，性腺回到第Ⅱ期(图1)。

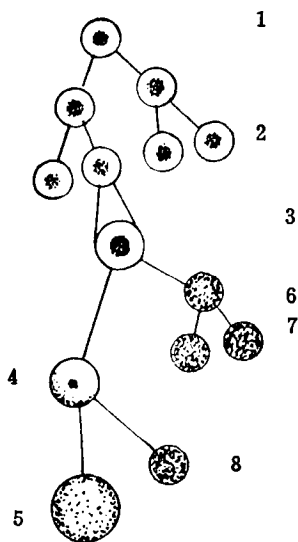


图1 卵子形成示意图

- | | | |
|-----------------------|--------------------|-------------------|
| 1. 卵原细胞分裂增生期 | 2. 初级卵母细胞 | 3. 大生长期结束时的初级卵母细胞 |
| 4. 经第一次成熟分裂后产生的次级卵母细胞 | 5. 经第二次成熟分裂后的成熟卵细胞 | 6. 被排出的第一极体 |
| 7. 由第一极体分裂出的两个不发育的细胞 | 8. 被排出的第二极体 | |

2. 精子的发生: 精子的发育特征是精原细胞大量繁殖逐渐形成了由滤胞包围的一个个精原细胞群, 称之为“生精囊”或“胞囊”。以后, 精子就在这里发育成长。“生精囊”的形成, 是鱼类精子发生的特点。当精原细胞经过生长期后, 变成初级精母细胞, 在这以前染色体均为双倍。初级精母细胞经过第一次成熟分裂后, 成为二个次级精母细胞, 这时染色体为单倍。以后又经过一次均等分裂成为四个精子细胞。精子细胞再经过一系列的变态, 长成精子。

各级雄性生殖细胞的形态特点如下:

(1) 精原细胞: 为精巢中最大的细胞, 圆形, 直径为 9 ~ 12 微米, 核椭圆形, 核径为 7.5 微米, 有明显的核仁, 有较多的细胞质, 染色质很少, 呈网状结构, 核质很稀很淡。

(2) 初级精母细胞: 细胞直径 6 ~ 7 微米, 细胞质比精原细胞少得多, 染色也较浅。细胞核染色较浓, 核仁消失, 染色质呈颗粒状。

(3) 次级精母细胞: 细胞比前者小, 约 4 ~ 5 微米, 细胞核着色浓, 细胞质染色很浅, 也较初级精母细胞少。

(4) 精子细胞: 细胞直径 3 微米, 细胞核为圆形, 细胞质不明显, 染色质成粗线状。

精子由头部、颈部和尾部组成。白鲢精子头部近圆球形, 直径 2.2 ~ 2.5 微米。颈部长度 1.1 微米。尾部长度 35 微米。

成熟的精子由于精胞的崩解, 而汇集在壶腹中, 与精巢内间质细胞所分泌的液体混合, 而成为所谓精液。这些精液在发情高潮时, 随时可以排出。遇到成熟的卵子, 即进入卵内进行受精(图 2)。

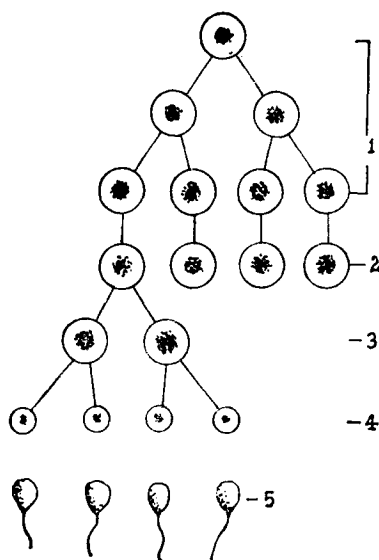


图 2 精子形成示意图

1. 分裂增生期的精原细胞 2. 大生长结束时的初级精母细胞
3. 经第一次成熟分裂后的次级精母细胞 4. 经第二次成熟分裂后的精子细胞 5. 由精子细胞变态成的精子

二、生殖腺的分期标准和生殖周期

1. 分期标准(以白鲢为例):

(1) 卵巢切片的分期标准:

①第 I 期: 卵原细胞向初级卵母细胞过渡的阶段, 细胞直径为 12~22 微米, 核占细胞的一半, 直径为 6~11 微米。核仁数少, 位于核的中部。卵巢腔不明显, 卵的结缔组织和血管不发达。

②第Ⅱ期：卵母细胞的小生长期，细胞呈多角形，直径为30~320微米。核很大，直径15~150微米。胞外具有一层滤胞的膜。本期又可分早、中、晚三个阶段。较早阶段卵母细胞直径30~50微米，核的一旁并有染成蓝色的块状结构，称为旁核或卵黄核。细胞核膜明显，核内有嗜酸性的圆粒核仁，靠着核的边缘排列。染色体呈丝状。中期细胞直径48~80微米，细胞质发生分层现象，呈同心圆式的“生长环”。晚期细胞直径80~320微米，胞质呈浅蓝色，其中有由旁核散开的深蓝色的杆状的片段，开始时尚集成环带状，以后散布于整个细胞质中，成松网状。

③第Ⅲ期：初级卵母细胞进入大生长期，直径300~500微米。细胞膜外出现薄的卵黄膜，其外有二层细胞结构的滤胞膜。细胞质近边缘部分发生一层一层的液胞。核仁除在核的边缘外，也存在于核的中部。卵黄开始在边缘沉积，并向中央发展。

④第Ⅳ期，仍是初级卵母细胞，体积增大，直径400~1100微米，先是边缘的液胞中出现嗜酸性颗粒。卵黄自卵膜内周开始形成。卵膜增厚并发生放射纹。最后卵黄粒自中央围核形成而充满核外空间，只有核的周围及靠近胞膜的边缘有较多的细胞质。细胞核直径140~220微米，呈椭圆形。核膜为波浪形，波谷处存有核仁。染色体不显著，为刷状结构。本期可分为早、中、末三个阶段。早期直径500微米左右，中期卵径800微米左右，末期卵径1000微米左右。

⑤第Ⅴ期：由初级卵母细胞向次级卵母细胞过渡的阶段，也就是临界成熟的卵粒。细胞质中充满粗大的卵黄颗粒。卵黄粒在成熟过程中有互相融合的现象。边缘仍有液胞。细胞核位移而显示出极化现象。核膜逐渐溶解，核仁离核膜边缘向中心移