

大弹涂鱼



中华乌塘鳢

大弹涂鱼和中华乌塘鳢 生物学论文集

张其永 洪万树 等著

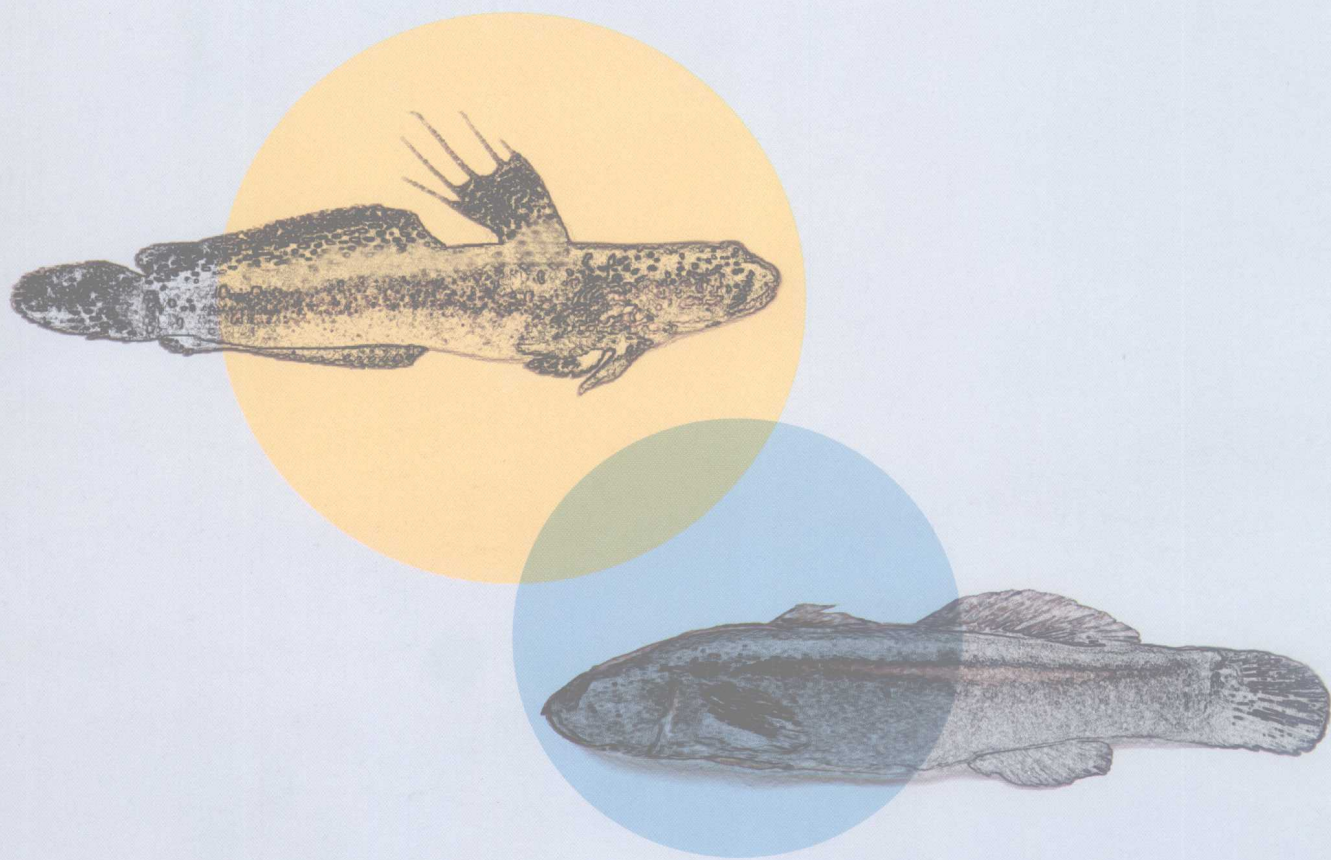


厦门大学出版社
XIAMEN UNIVERSITY PRESS

大弹涂鱼和中华乌塘鳢

生物学论文集

张其永 洪万树 等著



厦门大学出版社
XIAMEN UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

大弹涂鱼和中华乌塘鳢生物学论文集/张其永,洪万树等著. —厦门:厦门大学出版社,2008.5
ISBN 978-7-5615-3007-8

I. 大… II. ①张…②洪… III. 鲈形目-生物学-文集 IV. Q959.483-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 055287 号

厦门大学出版社出版发行

(地址:厦门大学 邮编:361005)

<http://www.xmupress.com>

xmup@public.xm.fj.cn

沙县方圆印刷有限公司印刷

2008年5月第1版 2008年5月第1次印刷

开本:787×1092 1/16 印张:46.5

插页:2 字数:1190千字

定价:120.00元

本书如有印装质量问题请直接寄承印厂调换

作者简介



张其永，厦门大学海洋与环境学院教授、福建省福州

市人，1927年10月生，1950年毕业于厦门大学海洋学系。曾任国家科委海洋学科组成员、中国海洋与湖沼学会海洋生态学会理事、中国水产学会专业委员会委员、福建省水产学会理事、福建省渔业资源区划顾问组副主任，1992年获国务院政府特殊津贴。从事海洋鱼类生物学和海洋鱼类生态学教学和科研工作50余年，先后主持和参加15项国家自然科学基金等项目，在国内外学术刊物上发表学术论文160多篇，合作编著《福建海洋经济鱼类》（1980）和《福建鱼类志》上、下卷（1984），并获国家和省部级科技成果奖多项，其中“福建近海及邻近海区经济鱼类生物学研究”获1991年福建省科技进步二等奖，“鲷科鱼类生理生态研究”和“大弹涂鱼资源增殖基础研究”获1988年和1995年国家海洋局科技成果奖，“大弹涂鱼生产性育苗技术研究及规范化养殖”获福建省2006年度科学技术奖二等奖。



洪万树，博士，厦门大学海洋与环境学院教授、博士

生导师。福建省厦门市人，1955年9月生，1978年毕业于厦门大学海洋生物学专业。福建省水产学会理事，中国水产学会资深会员。分别于1984-1985年、1996-1997年和2003-2004年公派美得州大学、加拿大海洋渔业部西温哥华实验室、哥伦比亚大学以及荷兰乌得勒支大学进修和开展合作研究。长期从事海洋鱼类生殖生理生态学以及增殖学的教学和科研工作，主持12项国家和省级科研项目，已在国内外学术刊物上发表学术论文110多篇，“大弹涂鱼资源增殖基础研究”获1995年国家海洋局科技成果奖，“大弹涂鱼生产性育苗技术研究及规范化养殖”获福建省2006年度科学技术奖二等奖。

序

大弹涂鱼和中华乌塘鳢是海洋潮间带的主要经济鱼类,也是我国东南沿海的重要养殖对象。以海洋鱼类学家张其永教授和海洋鱼类生理生态学家洪万树教授为首的课题组,从 20 世纪 80 年代开始对大弹涂鱼和中华乌塘鳢的繁殖生物学、生理生态学以及人工育苗和养殖技术进行了全面深入的研究,取得了一系列创新成果。它不仅丰富了我国海洋潮间带鱼类生物学的基础理论,而且已应用于指导生产实践,产生了明显的经济、社会和生态效益。该课题组承担的福建省重大科技项目《大弹涂鱼生产性育苗技术研究及规范化养殖》获得了福建省科技进步二等奖。

《大弹涂鱼和中华乌塘鳢生物学论文集》一书选编了著者及其课题组成员在国内外学术刊物上发表的 91 篇论文。该书共分为 4 部分,第 1~3 部分为大弹涂鱼和中华乌塘鳢生物学研究论文,对大弹涂鱼的生活史类型、生长规律、生殖习性及其与环境因子之间的关系,以及配子的发生、形成和性腺发育规律等方面进行基础理论研究,总结出一套诱导大弹涂鱼性成熟和产卵的有效方法;查明了大弹涂鱼仔鱼开口初期的关键性饵料和各发育阶段的系列饵料,提高了育苗成活率,并完成了大弹涂鱼室内、外人工育苗工艺流程的构建。养成研究中,著者发现大弹涂鱼越冬期间在养殖池有修筑领地的行为,研究证明该领地用于蓄水、繁殖底栖硅藻,并作为其活动场所;创立了大弹涂鱼成鱼捕捞的新技术,解决了冬季成鱼捕捞的难题,改进了传统的大弹涂鱼成鱼养殖方法,提高了单位面积的养殖产量,形成了大弹涂鱼成鱼规范化养殖操作管理规程。该研究成果对大弹涂鱼的育苗和养成技术推广具有很高的参考价值。此外,书中还对中华乌塘鳢和大弹涂鱼

的性信息素种类、分泌器官组织、释放途径和嗅觉感受器官的形态结构与功能进行了研究,首先在国内外将性信息素应用于诱发亲鱼交配产卵,取得了良好效果。第4部分是著者及其课题组成员对其他重要海洋经济鱼类生物学的主要研究论文,均具有较高的学术水平。

该专著内容丰富、系统性强,具有深刻的理论意义和实际应用价值。它的出版是我国海洋水产界的一件大喜事,特推荐给科研院所、高校师生和生产企业的广大读者参考。

中国工程院院士

2007年10月

前 言

大弹涂鱼和中华乌塘鳢同属鲈形目鰕虎鱼亚目,分别隶属于弹涂鱼科和塘鳢科,均为沿岸河口潮间带暖水广温广盐鱼类。大弹涂鱼分布于中国东南沿海、北部湾、马来半岛、日本和朝鲜南岸,中华乌塘鳢产于中国南海和东海、北部湾、印度洋北部沿岸至太平洋中部诸岛屿,北至日本。大弹涂鱼和中华乌塘鳢均为名特优经济鱼类,现已发展成为我国东南沿海重要的海水养殖对象。课题组在国家自然科学基金、福建省自然科学基金、福建省重大科技项目和科技重大专项以及福建省水产厅等多个项目的大力资助下,从20世纪80年代开始了大弹涂鱼和中华乌塘鳢繁殖生物学的基础理论和应用研究。在课题组全体成员的共同努力下,经过20多年的刻苦钻研,克服了重重困难,取得了一定的研究成果,《大弹涂鱼生产性育苗技术研究及规范化养殖》项目荣获福建省科技进步二等奖,在国内外学术刊物上发表近百篇研究论文,现选择其中的69篇论文汇编成《大弹涂鱼和中华乌塘鳢生物学论文集》一书,书中还增编了其他主要海洋经济鱼类生物学研究论文22篇。

本书的主要内容分为4部分。第一部分为繁殖生物学:包括配子的发生和形成;性腺发育;早期个体发育;仔、稚、幼和成鱼的食性;年龄、生长和生殖力;消化系统的组织结构;雄鱼贮精囊的结构与功能;养殖中华乌塘鳢雌雄同体的形态结构和组织学特征以及潮间带大弹涂鱼自然产卵习性等共13篇。第二部分为生理生态学:包括视觉反应;嗅电生理;嗅觉器官的形态结构;生化组成和能值分析;耗氧率和耐低氧能力;精子生理特性和精液冷冻保存;生态毒理学;性信息素诱发亲鱼交配产卵;免疫组织细胞化学以及消化酶活性等共34篇。第三部分为人工育苗和养殖技术:包括室内人工繁殖和育苗技术;室外土池生态育苗技术;仔鱼开口的关键性饵料和各发育阶段的饵料系列;规范化养殖和捕捞技术以及福清热蛭防治等共22篇。第四部分为其他主要海洋经济鱼类生物学:包括形态学;年龄、生

长和生殖力;种群鉴别;鱼类区系和食物网;繁殖生物学;性转变和诱导雄性化,精子的发生和形成以及精子生理特性和精液的超低温冷冻保存等。

本书是集体创作的结晶,参加研究并撰写论文的有张其永、洪万树、戴庆年、张杰、蔡友义、冯涛、王军、苏永全、郑微云、赵卫红、马细兰、杨潼、倪勇、叶海辉、朱友芳、黄辉洋、张雅芝、颜开强、倪子绵、谢湘筠、金彬明、吴鼎勋、王云龙、陈仕玺、吴仁协、王琼、蒙子宁、韩师昭、何大仁、柴敏娟、方永强、蔡泽平、江国强、叶启旺、蔡珠金、王昌各、戈薇和何振邦等。

本书能顺利出版,承蒙中国水产科学研究院黄海水产研究所雷霖院士的鼓励和帮助,并得到近海海洋环境科学国家重点实验室(厦门大学)和“985”工程项目的资助以及厦门大学出版社的大力支持,特致谢忱!

由于水平有限,时间仓促,书中不免存在错误和不足,恳请批评指正。

张其永 洪万树

2007年12月

目 录

第一部分 繁殖生物学 (Reproductive Biology)

大弹涂鱼的早期发育研究	(3)
大弹涂鱼仔鱼的摄食、生长和成活的研究	(10)
大弹涂鱼仔、稚、幼鱼的发育阶段	(19)
大弹涂鱼的年龄、生长和生殖力研究	(24)
大弹涂鱼雌性性腺发育研究	(34)
大弹涂鱼仔、稚、幼鱼消化系统的发育及其食性的研究	(41)
九龙江口潮间带大弹涂鱼食性及其消化管组织结构	(47)
大弹涂鱼卵细胞发育的显微和超微结构	(57)
雄性中华乌塘鳢贮精囊的结构与功能	(65)
雄性大弹涂鱼贮精囊的形态结构	(75)
潮间带大弹涂鱼产卵习性和自然受精卵孵化研究	(85)
Hermaphroditism in Cultured Chinese Black Sleeper <i>Bostrichthys sinensis</i> L.	(93)
Reproductive ecology of the mudskipper <i>Boleophthalmus pectinirostris</i>	(102)

第二部分 生理生态学 (Physioecology)

鲑点石斑鱼、大弹涂鱼在不同光照强度下网膜运动反应的比较	(115)
三种弹涂鱼的生化组成及能值分析	(119)
STUDIES ON THE BIOCHEMICAL COMPOSITION, ENERGETICS AND ESSENTIAL AMINO ACIDS OF THREE MUDSKIPPER IN XIAMEN HARBOUR	(123)
大弹涂鱼耗氧率研究	(130)
四种海产经济鱼类精子的生理特性和环境因子的关系	(134)
黑鲷和大弹涂鱼精液短期冷冻保存	(137)
苯并(a)芘对大弹涂鱼肝脏 DNA 的损伤	(140)
苯并(a)芘对大弹涂鱼肝脏抗氧化防御系统影响的初步研究	(146)
苯并(a)芘对大弹涂鱼肝脏芳烃羟化酶活性的影响	(151)
苯并(a)芘对大弹涂鱼肝脏抗氧化酶活性影响的初步研究	(157)
人工管道诱导大弹涂鱼产卵研究	(163)
超声波对 4 种海水鱼类受精卵孵化的影响	(169)
苯并(a)芘对大弹涂鱼肝脏谷胱甘肽过氧化物酶活性的影响	(173)
性外激素诱导大弹涂鱼成熟和产卵	(178)
Induced Maturation and Spawning by Sex Pheromones in Female Mudskipper (<i>Boleophthalmus pectinirostris</i>)	(186)

苯并(a)芘对大弹涂鱼肝细胞超微结构的影响	(196)
中华乌塘鳢对性外激素嗅电反应的比较	(201)
中华乌塘鳢(<i>Bostrichthys sinensis</i>)和大弹涂鱼(<i>Boleophthalmus pectinirostris</i>)	
成熟产卵过程中 17 α -羟基孕酮和前列腺素水平的研究	(208)
性外激素诱发中华乌塘鳢产卵的初步研究	(215)
Induced nest spawning and artificial hatching of the fertilized eggs of	
mudskipper, <i>Boleophthalmus pectinirostris</i>	(222)
大弹涂鱼消化道内分泌细胞的免疫组织化学研究	(231)
中华乌塘鳢嗅觉器官的形态结构	(236)
中华乌塘鳢野生和养殖群体血清中性类固醇激素以及性腺中 17 α -P 和前列腺素	
含量的比较研究	(245)
中华乌塘鳢消化道内分泌细胞的鉴别与定位	(252)
性信息素诱发中华乌塘鳢(<i>Bostrichthys sinensis</i>)产卵的应用研究	(258)
Sex organ extracts and artificial hormonal compounds as sex pheromones to	
attract broodfish and to induce spawning of Chinese black sleeper	
(<i>Bostrichthys sinensis</i>)	(267)
Rates of oxygen consumption and tolerance of hypoxia and desiccation	
in Chinese black sleeper (<i>Bostrichthys sinensis</i>) and mudskipper	
(<i>Boleophthalmus pectinirostris</i>) embryos	(276)
Hypoxic tolerance of Chinese black sleeper <i>Bostrichthys sinensis</i> embryos	
at heartbeat stage	(287)
大弹涂鱼和中华乌塘鳢肠刷状缘膜消化酶活性的比较	(294)
大弹涂鱼仔稚鱼和早期幼鱼的消化酶活性	(305)
大弹涂鱼成鱼消化酶活性的研究	(314)
中华乌塘鳢成鱼消化酶活性的研究	(323)
Microhabitat selection in the early juvenile mudskipper <i>Boleophthalmus</i>	
<i>pectinirostris</i>	(331)
Variation with semilunar periodicity of plasma steroid hormone production	
in the mudskipper <i>Boleophthalmus pectinirostris</i>	(341)

第三部分 人工育苗和养殖技术(Larval Rearing & Culture Technology)

大弹涂鱼人工繁殖和仔稚鱼培育研究	(353)
INDUCTION OF OVULATION IN FEMALE MUD SKIPPER	
(<i>BOLEOPHTHALMUS PECTINIROSTRIS</i>) BY HCG, ANALOGUE	
OF LHRH AND PIMOZIDE	(360)
Studies on Induced Ovulation, Embryonic Development and Larval Rearing of	
the Mudskipper (<i>Boleophthalmus pectinirostris</i>)	(366)
养殖条件下大弹涂鱼仔鱼的存活和开口摄食的研究	(375)
大弹涂鱼人工育苗技术研究	(381)
大弹涂鱼受精卵孵化技术研究	(389)

大弹涂鱼寄生蛭治疗实验研究·····	(394)
九十年代我国海水鱼类人工繁殖和育苗技术的现状与展望·····	(399)
大弹涂鱼养殖(Mudskipper Culture) ·····	(404)
福建省福清海滩大弹涂鱼寄生鱼蛭一新种(蛭纲:吻蛭目:鱼蛭科)·····	(412)
中国海水鱼类养殖的现状和展望·····	(417)
Review of captive bred species and fry production of marine fish in China ·····	(428)
大弹涂鱼养殖技术和人工育苗研究进展·····	(443)
福建省霞浦县大弹涂鱼养殖可持续发展策略·····	(449)
大弹涂鱼池塘养殖技术研究·····	(454)
大弹涂鱼室内人工繁殖和育苗技术研究·····	(459)
土池育苗条件下大弹涂鱼早期仔鱼开口摄食的研究·····	(467)
大弹涂鱼土池育苗技术研究·····	(475)
大弹涂鱼 <i>Boleophthalmus pectinirostris</i> (Linnaeus) 土池生态育苗特点与 关键技术·····	(482)
潮间带滩涂颗粒有机碎屑生物组成及其游离氨基酸分析·····	(486)
大弹涂鱼研究的回顾与展望·····	(493)
Why does the mudskipper <i>Boleophthalmus pectinirostris</i> form territories in farming ponds? ·····	(509)

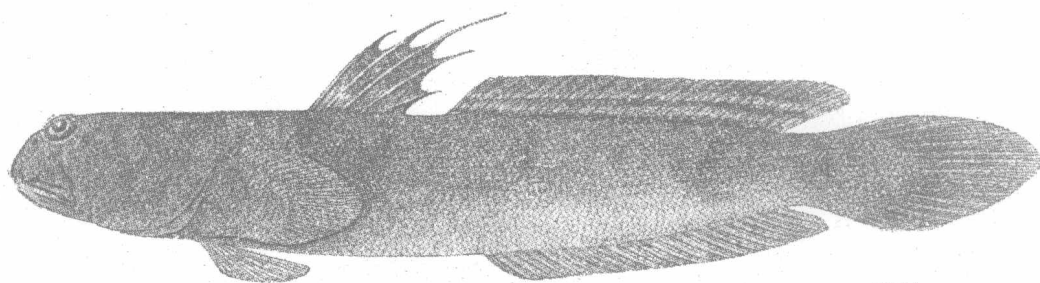
第四部分 其他主要经济鱼类生物学(Biology of main commercial fishes)

海鳗[<i>Muraenesox cinereus</i> (Forskål)]骨骼的研究 ·····	(521)
我国东南沿海带鱼种群问题的初步研究·····	(535)
闽南-台湾浅滩鱼类区系的研究 ·····	(548)
闽南-台湾浅滩渔场鱼类食物网研究 ·····	(566)
闽南-台湾浅滩二长棘鲷食性研究 ·····	(579)
闽南-台湾浅滩二长棘鲷年龄和生长研究 ·····	(591)
台湾海峡和北部湾二长棘鲷种群鉴别研究·····	(603)
台湾海峡北部及其附近海区鱼类区系研究·····	(614)
闽南-台湾浅滩渔场狗母鱼类食性的研究 ·····	(621)
The Fish Fauna of the Taiwan Strait ·····	(630)
THE IN VITRO EFFECTS OF STEROIDS, HUMAN CHORIONIC GONADOTROPIN AND CYANOKETONE ON GERMINAL VESICLE BREAKDOWN OF STRIPED MULLET (<i>MUGIL CEPHALUS</i> L.) OOCTES ·····	(636)
多齿蛇鲻鳞片表面结构的扫描电镜观察·····	(645)
港养黄鳍鲷性腺发育和性转变研究·····	(651)
西埔湾黄鳍鲷精子发生和形成·····	(661)
东山岛西埔湾港养黄鳍鲷卵膜和退化卵母细胞的超微结构·····	(667)
福建省东山岛西埔湾港养斑鲷的繁殖生物学·····	(674)
福建东山岛西埔湾港养斑鲷的年龄、生长和生殖力研究 ·····	(685)

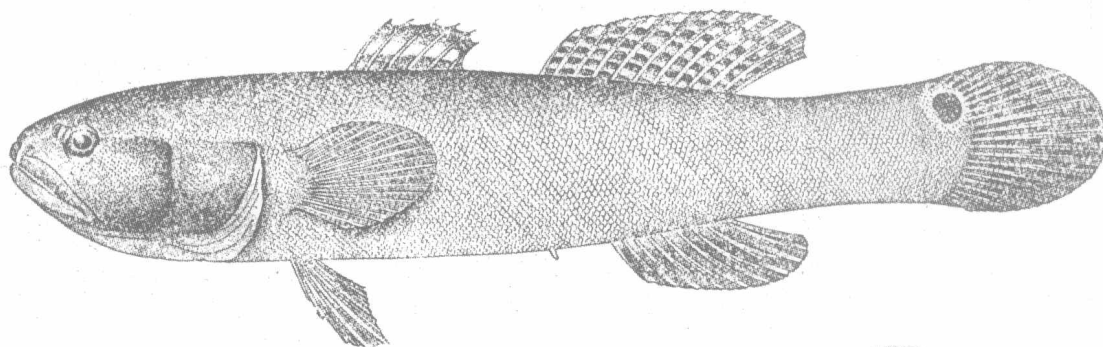
10 外源激素诱导赤点石斑鱼雄性化	(695)
11 花鲈精子生理特性及其精液超低温冷冻保存	(704)
12 真鲷精液和精巢超低温冷冻保存	(711)
13 鱼类芳香化酶活性研究的进展	(716)
14 鲮鱼精子发生和形成的超微结构研究	(722)

第一部分 繁殖生物学

Reproductive Biology



大弹涂鱼



中华乌塘鳢

(引自《南海鱼类志》，1962)

大弹涂鱼的早期发育研究^{*}

摘要 本文研究了人工授精获得的大弹涂鱼胚胎和胚后发育过程,对早期发育各阶段的形态特征作了较详细的描述.大弹涂鱼的卵为沉性粘着性卵,受精卵椭圆形,具粘着丝,在水温 26.5~29℃,盐度 25~27 条件下,经 87 h 35 min 开始陆续孵出仔鱼.在水温 25~29.5℃,盐度 10~15 条件下,孵化后第二十三天发育为稚鱼,第三十七天发育为幼鱼.

OBSERVATIONS ON THE EARLY DEVELOPMENT OF THE MUD SKIPPER, *BOLEOPHTHALMUS* *PECTINIROSTRIS*(LINNAEUS)

Abstract This paper deals with the morphological characteristics during early development of the mud skipper, *Boleophthalmus pectinirostris*. Observations have been carried out from May to October, 1986. The brood fish were collected from the intertidal zone along the coast of Zhangpu, Fujian Province and fertilized eggs were obtained through artificial fertilization. The mature egg is spherical in shape, 0.51~0.63 mm in diameter, adherent and demersal with a clump of adhesive filaments on one end of the egg membrane. The fertilized egg is elliptical in shape, measuring 0.92~1.26 mm in length and 0.54~0.63 mm in width. 87 hours and 35 minutes after insemination, the larva began hatching at water temperature of 26.5~29℃ and salinity of 25~27. Early development can be divided into the embryonic period (including 30 stages) and post-embryonic period (including the stages of prelarva, postlarva and juvenile). The newly hatched larva measured 2.36~2.63 mm in total length, with 24 pairs of myotomes and a yolk sac of 0.32~0.35 mm in diameter. The yolk sac was absorbed and the larva started to eat by the 5th day after hatching. 23 days after hatching, the larva reached the juvenile stage, measuring 9.5~11 mm in total length, and after 37 days, it developed to the young stages, measuring 18.5 mm in total length at water temperature of 25~29.5℃ and salinity of 10~15.

大弹涂鱼 *Boleophthalmus pectinirostris* (Linnaeus) 隶属于鰕虎鱼亚目 Gobioidae、弹涂鱼科 Periophthalmidae, 分布于中国、马来半岛、缅甸、朝鲜和日本. 我国主要产于福建、台湾、广东、浙江沿海, 是一种暖水广盐性的海洋经济鱼类, 常栖息于烂泥底质的低潮区或河口滩涂. 我

^{*} 基金项目: 国家自然科学基金(85040100), 福建省水产厅.

洪万树, 戴庆年, 张其永, 张杰, 蔡友义. 原载《热带海洋》, 1988, (2): 1~8.

国台湾省自 20 世纪 60 年代就已开始人工养殖,但苗种均采自天然海区^[1,8].台湾省东港水产试验分所于 1972 年研究大弹涂鱼人工繁殖,仔鱼培育至第五天即死亡^[2],1980 年仅培育出 2 尾鱼苗,迄今未见突破性进展^[6].有关大弹涂鱼胚胎和前期仔鱼发育资料仅见廖一久等(1973)的简要报道^[2].本文通过人工繁殖试验,对大弹涂鱼的早期发育进行探索,详细观察了胚胎和仔、稚鱼发育过程的形态特征,为进一步开展大弹涂鱼人工繁殖和育苗生态研究提供参考.

1 材料和方法

1986 年 5—10 月在厦门大学海滨实验基地进行大弹涂鱼人工繁殖和育苗研究.亲鱼采自福建省漳浦县竹屿村滩涂,雌、雄鱼的泄殖孔有所不同,前者大而圆钝,后者较为尖长.先后进行四批次人工催产,单一或混合使用 HCG 和 LHRH-A,经半干导法人工授精而取得受精卵,在培养缸和陶瓷钵中静水孵化.孵化后的仔鱼分别移入水泥池($1.5 \times 1 \times 1 \text{ m}^3$)和水族箱($0.8 \times 0.5 \times 0.5 \text{ m}^3$)中培育.

早期发育观察均采用活体材料,胚后发育材料观察前用 5%氨基甲酸乙酯麻醉.在观察测量过程中,对各时期的早期发育形态特征进行描述记录、描绘和摄影.观察材料用 5%福尔马林液固定保存,供重复观察用.所观察描述的材料共有四批次,其中早期发育时程则以第三批材料(6 月 24 日催产)为依据.

2 结果

2.1 胚胎发育(从受精到孵化出膜)

大弹涂鱼的成熟卵为圆球形,卵径 $0.51 \sim 0.63 \text{ mm}$,卵黄呈淡黄色,内有许多小油球.卵膜的一端有一丛粘着丝,系属沉性粘着性卵,受精后粘着于其它物体上,但粘性较弱.在水温 $26.5 \sim 29^\circ\text{C}$,盐度 $25 \sim 27$ 的条件下,受精卵经 $87 \text{ h } 35 \text{ min}$ 开始陆续孵出仔鱼.胚胎发育分为 30 期(表 1).

受精后 15 min ,卵膜吸水膨胀,卵周隙扩大,由圆球形卵变成椭圆形卵,卵膜长径 $0.92 \sim 1.26 \text{ mm}$,短径 $0.54 \sim 0.63 \text{ mm}$ (图 1-1).受精后 40 min 胚盘隆起.受精后 50 min 胚盘出现第一次分裂,纵裂为 2 个细胞(图 1-2).以后每隔 $20 \sim 30 \text{ min}$ 分裂一次,细胞数目成倍递增.受精后 $2 \text{ h } 20 \text{ min}$,细胞继续分裂为 32 个,大小不等(图 1-4).受精后 $3 \text{ h } 45 \text{ min}$,发育至桑葚期,多细胞隆起似桑葚,受精后 $4 \text{ h } 30 \text{ min}$,高囊胚形成,卵黄部分与囊胚部分之比为 $5:4$ (图 1-5).受精后 $6 \text{ h } 15 \text{ min}$,细胞继续分裂变小,胚层向下扩张,囊胚高度降低,形成低囊胚.受精后 $7 \text{ h } 20 \text{ min}$,囊胚层下包卵黄 $1/3$,胚环形成,发育至原肠早期(图 1-6).受精后 8 h ,囊胚层继续下包卵黄 $1/2$,背唇内卷增生而形成舌状的胚盾,达到原肠中期.受精后 $8 \text{ h } 35 \text{ min}$,囊胚层下包卵黄 $2/3$,发育至原肠晚期.受精后 $9 \text{ h } 05 \text{ min}$,囊胚层包围了绝大部分卵黄,仅卵黄栓外露;胚盾背中央出现神经沟,前端略大,以后形成脑泡,此时已发育至神经胚期.受精后 $10 \text{ h } 35 \text{ min}$,囊胚层完全包围了卵黄,胚孔封闭,胚体形成.受精后 $13 \text{ h } 35 \text{ min}$,胚体前端脑泡分化为前脑、中脑、后脑三部分,脊索形成;胚体脑部两侧出现视泡,胚体中部出现 5 对肌节(图 1-7).受精后 $15 \text{ h } 50 \text{ min}$,胚体尾部出现一圆形的克氏泡,肌节增至 9 对(图 1-8).受精后 $16 \text{ h } 05 \text{ min}$,尾芽形成,胚体尾部逐渐游离卵黄囊,尾鳍褶出现,肌节增至 12 对.受精后 $18 \text{ h } 50 \text{ min}$,

表 1 大弹涂鱼胚胎发育时程

发育期	受精后时间 (h:min)	持续时间 (h:min)	水温(℃)	发育期	受精后时间 (h:min)	持续时间 (h:min)	水温(℃)
胚盘形成期	0:40	0:10	26.5	胚体形成期	11:35	2:00	27.9
2 细胞期	0:50	0:20	26.5	视泡出现期	13:35	0:20	27.7
4 细胞期	1:10	0:25	26.7	克氏泡出现期	15:50	2:15	27.6
8 细胞期	1:35	0:20	26.8	尾芽期	16:05	0:50	27.6
16 细胞期	1:55	0:25	27.1	鳍褶出现期	16:55	1:55	27.4
32 细胞期	2:20	0:30	27.5	听囊期	18:50	0:55	27.4
64 细胞期	2:50	0:55	27.8	晶体形成期	19:45	0:25	27.2
桑葚期	3:45	0:45	27.8	耳石出现期	20:10	1:55	27.2
高囊胚期	4:30	0:45	28.0	心脏搏动期	22:05	1:55	27.0
低囊胚期	6:15	2:05	28.0	血液循环期	26:35	5:30	28.0
原肠早期	7:20	0:40	28.0	肠管形成期	32:05	15:30	28.5
原肠中期	8:00	0:35	28.0	黑色素出现期	47:35	12:30	28.0
原肠晚期	8:35	0:30	28.0	胸鳍原基期	60:05	11:30	28.3
神经胚期	9:05	1:30	28.0	鳔雏形期	71:35	16:00	28.0
胚孔封闭期	10:35	1:00	27.9	孵出期	87:35		29.0

注:人工授精时间为 1986 年 6 月 26 日 9 时 20 分。

胚体后脑后方两侧出现一对椭圆形的听囊,同时也出现嗅囊,肌节增加到 20 对(图 1-9)。受精后 19 h 45 min,视囊内晶体出现,克氏泡消失,卵黄囊内的小油球逐渐合并,变大而且变少,胚体尾部游离卵黄囊逐渐伸长,胚体开始颤动。受精后 20 h 10 min,听囊内出现两粒耳石,肌节 25 对,胚体尾部开始伸展(图 1-10)。受精后 22 h 05 min,心脏分化为动脉球、心室、心耳、静脉窦四部分,心跳每分钟 90 次(水温 27℃)(图 1-11)。受精后 26 h 35 min,头躯干部血管系统初步形成,卵黄囊前侧面出现居氏管,沿脊索下方出现背主动脉和背主静脉血管。心跳每分钟 180 次(水温 28℃),心脏搏动将血液压入背主动脉和头部动脉血管。背主动脉血液流经肛门上方回折入背主静脉与头部静脉汇入股氏管,再进入静脉窦、心耳、心室、动脉球而循环,血液流动清晰可见,此时循环系统简单,局限在头部和躯干部。受精后 32 h 05 min,卵黄囊后方出现消化道和肛门,胚体尾部围绕卵黄囊一半,油球合并成十几个大、小油球(图 1-12)。受精后 47 h 35 min,胚体头部、吻部、背鳍褶和卵黄囊上出现点状黑色素细胞,排列不规则,胚体完全包围卵黄囊,眼黑色素出现,油球并成一个大油球和几个小油球(图 1-13)。受精后 60 h 05 min,听囊后方、卵黄囊上方出现月牙形胸鳍原基,眼充积黑色素,一个大油球,还有个别小油球(图 1-14)。受精后 71 h 35 min,出现雏形鳔,在鳔上有黑色素分布。受精后 84 h 15 min,胚体尾部颇长,尾动脉和尾静脉血管形成而出现尾循环,胚体常作激烈反转扭动。受精后 87 h 35 min,胚体剧烈扭动,开始孵化出膜。初时,孵化出膜的仔鱼数量不多。大约受精后 96 h 已大量孵化出膜。最早和最迟孵出仔鱼的时间相差 36 h。

2.2 胚后发育(从孵化出膜至鳞被形成)

胚后发育期间,水温 25~29.5℃,盐度 10~15,pH7.8~8.4,溶解氧含量 3.7~6.3 ml/l。

2.2.1 仔鱼期(从孵化出膜至各鳍鳍条发育完整)

初孵仔鱼(图 2-1)全长 2.36~2.63 mm,卵黄囊呈圆球形,囊径 0.32~0.35 mm;油球一