

国家攀登计划B类项目

海水增养殖生物优良种质
和抗病力的基础研究

①

海水鱼类 繁殖发育和养殖生物学

主编 张培军



山东科学技术出版社

PDG

10987

国家攀登计划 B 类项目

海水增养殖生物优良种质和抗病力的基础研究

①

海水鱼类繁殖发育 和养殖生物学

主编 张培军

山东科学技术出版社

国家攀登计划 B 类项目
海水增养殖生物优良种质和抗病力的基础研究

①

海水鱼类繁殖发育和养殖生物学

主编 张培军

*

山东科学技术出版社出版
(济南市玉函路 16 号 邮编 250002)

山东科学技术出版社发行
(济南市玉函路 16 号 电话 2064651)

山东新华印刷厂德州厂印刷

*

787mm×1092mm 1/16 开本 14 印张 4 插页 298 千字

1999 年 10 月第 1 版 1999 年 10 月第 1 次印刷

印数: 1--1000

ISBN 7-5331-2507-X
Q·23 定价 39.00 元



张培军 1944年10月生于山东青岛，籍贯山东蓬莱，中国科学院海洋研究所研究员、博士生导师，实验海洋生物学重点开放实验室副主任。

1968年毕业于北京大学，1982年获中国科学院理学硕士学位，1986年1月至1989年12月作为访问学者先后在美国约翰霍普金斯大学和斯坦福大学进修，从事鱼类基因工程研究工作，在转基因鱼研究方面取得重要成绩。回国后，作为开放实验室分子发育生物学和海洋生物基因工程研究方向的学术带头人，承担了“八五”和“九五”期间的国家863、攀登计划、国家攻关等重大科研项目10余项，获得中科院重大科技成果一等奖和山东省科技进步二等奖，发表重要学术论文、报告50余篇，合作完成著作3部，共培养博士、硕士生16名，合作培养博士后2名，在我国率先开展了转基因海水鱼研究和海洋生物有用基因在水产养殖中的应用研究，是我国海洋生物技术研究的主要开创者之一。1991年荣获国家教委授予的“全国有突出贡献的硕士学位获得者”称号。



国家攀登计划 B 类项目

海水增养殖生物优良种质和抗病力的基础研究

总主编 曾呈奎

总编委 (以姓氏笔画为序)

尤芳湖	何宗贵	李永祺	吴宝铃	张培军
杨丛海	相建海	曾呈奎	董昭和	管华诗

海水鱼类繁殖发育和养殖生物学

主 编 张培军

副主编 雷霖霖 张士瑾

编 委 姚善成 毛兴华 阮洪超 李 军 何桂芬

我们的希望

进行现代化建设必须依靠科学技术。作为科学技术载体的专著，正肩负着这一伟大的历史使命。科技专著面向社会，广泛传播科学技术知识，培养专业人才，推动科学技术进步，对促进我国现代化建设具有重大意义。它所产生的巨大社会效益和潜在的经济效益是难以估量的。

基于这种使命感，自 1988 年起，山东科学技术出版社设“泰山科技专著出版基金”，成立科技专著评审委员会，在国内广泛征求科技专著，每年补贴出版一批经评选的科技著作。这一创举已在社会上引起了很大反响

1992 年，在山东省委、省政府的支持下，在原“泰山科技专著出版基金”的基础上，由山东省出版总社、山东省科学技术委员会和山东科学技术出版社共同成立了“山东省泰山科技专著出版基金会”，并得到企业界的热情赞助，为资助学术专著的出版提供了更加可靠的保证。

但是，设基金补助科技专著出版毕竟是一件新生事物，也是出版事业的一项改革。它不仅需要在实践中不断总结经验，逐步予以完善；同时也更需要社会上有关方面的大力扶植，以及学术界和广大读者的热情支持。

我们希望，通过这一工作，高水平的科技专著能够及早问世，充分显示它们的价值，发挥科学技术作为生产力的作用，不断推动社会主义现代化建设的发展。愿基金会支持出版的著作如泰山一样，耸立于当代学术之林。

泰山科技专著评审委员会

1992 年 12 月

序

1998年,我国海水养殖生产的总产量已达到860万t,继续居世界各国之首。我为我国海水养殖业已取得的成就感到由衷的高兴。因为这不仅对于振兴沿海地区的经济具有十分重要的意义,而且也向世界表明,中国人民在中国共产党的正确领导下,不仅能养活自己,能吃饱,还能吃好!

但在成绩面前,作为一名老海洋生物科学工作者,我仍感到不满足。因为海水养殖的产量仍未赶上我国淡水养殖,尚落后几百万t。我国有300多万 km^2 的海域,面积比淡水水面大得多;海水养殖每年有望生产出二三千万t的鱼、虾、贝和藻,为人民提供更多质优、味鲜的食品。问题在于在较长时间里,我们对海洋经济动植物的基础研究跟不上生产发展的需要。1993年我国人工养殖对虾大面积死亡,造成重大经济损失。生产上的问题,实际上是技术上的问题,说到底基础理论与产业发展不相适应的问题。这再次提醒我们,如不加大基础研究的力度,我国海水养殖业就难以持续、健康地发展。国家科委关注国民经济建设中面临的亟待解决的重大科学问题,1994年经论证正式批准山东省科委组织申报的“海水增养殖生物优良种质和抗病力的基础研究”项目,将其列入国家攀登计划B类项目予以支持,委托山东省科委组织管理,这表明国家对发展海水增养殖业的高度重视。

依据国家科委《国家基础研究重大关键项目管理暂行办法》确定的课题组织原则,从发展我国海洋农牧化的根本需要和长远利益出发,针对我国海水增养殖业存在的突出薄弱环节,围绕种质、病害和生态环境中心问题,设立了7个课题:海水鱼类繁殖、发育和养殖生物学的研究,对虾繁殖和发育生物学的研究,贝类繁殖、变态及附着的有关生物学研究,经济海藻种质种苗生物学研究,增养殖动物的种群和细胞遗传学研究,养殖虾、贝致病机理和病害防治研究,增养殖生态环境的保护与改善研究等。在每个课题下各设立3个专题。组织中国科学院海洋研究所、青岛海洋大学、中国水产科学院黄海水产研究所、国家海洋局第一海洋研究所等4个中央驻鲁单位的优势力量联合开展研究。

5年来,由于各单位领导的大力支持,全体研究人员按照既定目标和计划,齐心协力,力争有所发现,有所创新,因而取得了一批在国际上达到领先或先进水平的研究成果,培养了一批中青年学术带头人,积累了项目管理的丰富经验。研究成果突出表现在以下几个方面:

1. 查明了黑鲷、牙鲆、欧氏六线鱼等鱼类性腺发育过程的形态变化,发现了促进牙鲆性腺发育和成熟的理化因子,以及诱导黑鲷提前性转换的试剂;摸清了盐度、光照、温度和 pH 值等环境因子对真鲷、牙鲆胚胎发育的影响,提出了 Ca^{2+} 在牙鲆精子活动中的作用新假说;通过对鱼胚胎不同发育时期蛋白质成分和含量变化的分析,表明核基因活动的启动以原肠作用开始,新的蛋白质开始合成并进而参加细胞分化过程;查明了真鲷和牙鲆的仔、稚、幼鱼的能量代谢基本特征,掌握了在苗种培育过程中对饲料、温度、促生长剂、密度等的基本要求,为鱼类苗种培育提供了科学的依据。

2. 测定类固醇激素、甲基法泥酯等在对虾组织中的分布及变化,查明了几种常用激素对性腺发育的影响,填补了国内对虾内分泌研究的空白;首次对中国对虾雄线进行了外部形态和内部结构的研究,表明它对中国对虾雄性外部特征的发育起着重要作用;对中国对虾产卵行为进行了详细观察,发现亲虾心率变化可以准确预报对虾产卵的时间;仔细地观察了对虾精子入卵前的形态变化及胚胎发育全过程,并进行了录像,对胚胎发育的形态学和细胞化学进行了详细观察分析,首次观察到中肠管的形成和胚孔的变化;详细地测定了对虾幼体发育不同阶段对蛋白质、脂肪酸、磷、维生素等的需求,为对虾育苗生产提供了科学依据。

3. 测定了海湾扇贝性腺发育在青岛地区的生物学零度和产卵的有效积温,详细地观察了多种贝类精子和卵子的超微结构,初步建立了鲍的卵黄膜分析模型,研制了贝类卵子去膜剂,为贝类遗传育种提供了关键技术。对从国外引进的墨西哥湾扇贝的发育生物学、生态学进行了全面研究,并将所得结果成功地用于指导广西、海南的该种贝的工厂化育苗生产;成功地得到了泥蚶和毛蚶的杂交稚贝,将泥蚶发育生物学研究成果运用于山东胶南市泥蚶苗种生产,培育出了数千万稚贝;皱纹盘鲍幼虫附着、变态诱导剂的研究,填补了国内的空白。

4. 在国际上首次建立了海带遗传转化模式,并在实验室成功培育出转(蛋白)基因海带,申请了国家发明专利,并在此基础上,进一步优化了海带遗传转化模型中的基因枪转化参数,克隆藻类病毒启动子,构建藻类自身载体,获得海上养成转 CATHBs 基因(乙肝病毒表面抗原基因)孤雌海带, DNA 与蛋白质检测显示外源基因得到整合与表达;利用单克隆技术选育出 2 个优良的裙带菜品系,在山东荣成市海带育苗场进行中试,培育出了 300 个健壮的苗帘,约可供 13hm^2 海面养殖用;建成了紫菜细胞种质库,收集、分离和保存的紫菜丝状体细胞品系有 20 种、120 个品系。1998 年紫菜良种导入生产 400hm^2 ,取得了明显的增产效果,并申请了 3 项国家专利;开展了龙须菜分子

遗传学研究,通过诱变得到了青岛产龙须菜 8 株色素突变体,并运用现代分子生物学技术探讨了龙须菜和江蓠的系统发生。

5. 查清了 41 种海洋经济动物的染色体和核型,发现斑头鱼有性染色体,纠正了国外学者对鹰爪虾的染色体和核型观察的错误;利用细胞流式计等技术对对虾染色体的倍性进行检测,为海洋生物 863 重大项目多倍体育种育苗的立项和顺利实施奠定了基础;鱼类生化遗传研究已达到国际同类研究水平,在同工酶、核 DNA 不同水平上,确立了适合我国国情的检测遗传差异的技术体系,为尽早建立我国海洋动物种质资源的背景开了好头;首次采用 RAPD 等新技术,对引进扇贝和对虾放流增殖的遗传后效进行了评估,找出了区分某些鱼类的分子标记;与上海生物化学研究所合作,开始对中国对虾、中华绒螯虾 DNA 测序,初步获得了转基因的中国对虾幼体。

6. 查明了造成我国对虾暴发性流行病的病原体是“对虾皮下及造血组织坏死杆状病毒(HHNBV)”,并用人工培养的对虾细胞分离和体外繁殖该病毒获得成功,研制的对虾细胞专用培养基解决了对虾病毒学研究的关键技术问题;对胶东半岛发病的扇贝、鲍进行了大量调查,首次发现、分离了衣原体样生物、原核生物以及几种新的病毒,并对衣原体样生物对栉孔扇贝的致病过程进行了观察和分析;同时对对虾、扇贝、鲍的免疫机能和抗病力开展了深入研究,研制出增强虾、贝免疫机能的饵料和药物。

7. 建立了几种有毒赤潮生物的室内培养、分子生物学测定和赤潮毒素的分析测定技术,对主要有毒赤潮生物与水体富营养化的关系研究取得了突破性进展,开拓了海洋细菌与赤潮藻类相互作用的研究新领域;实验结果表明,有机污染和氨氮增加了对虾对病原体的易感性,也能激活虾体内潜伏的病原体,诱发病害发生,并对其机理进行了探讨,提出了改善环境的生物措施;比较了藻、贝、虾和鱼对有机磷农药的敏感性差异,首次用自由基学说探讨了有机磷农药对海洋生物伤害的机理,发现对虾幼体对某些农药的抗性大于成体,并全面、系统地观察了久效磷农药对对虾各组织细胞超微结构的影响;基本摸清了虾病暴发前后虾池生态系基本要素的变动规律,在能流和物流分析的基础上建立了虾池生态系统框图和数模;对对虾封闭式综合养殖的种类结构优化、生物能量学、氮和磷的利用率等进行了深入研究,提出了最佳综合养殖模式,初步建立了各结构优化系统的能流分析数模。

上述研究成果已陆续撰写成几百篇论文在学术会议上交流、在国内外学术刊物上发表,并得到了好评,不仅对我国当前海水增养殖生产起了指导作用,为我国海洋 863、海洋生物技术的立项和实施奠定了基础,而且扩大了在国际学术界的影响。为满足沿海有关部门生产、科研和教学人员的需要,我们

决定按课题的研究成果编写出版系列专著共7卷。

尽管我们取得了上述研究成果,但由于海洋增养殖生物的多样性、海洋生态系统的复杂性、海洋环境的多变性,已取得的成绩还仅仅只能说是好的开头,生产中已有的问题我们还未完全了解,新的问题也将不断出现。可喜的是国家和各级领导已给予了高度的关注,而且通过本项目的实施,一大批中青年科研人员已成长为学术带头人、骨干。

非常感谢国家科技部、山东省科委、各承担单位领导和所有研究人员;感谢李永祺、相建海同志和项目专家委员会、项目办公室全体同志;特别要感谢山东科学技术出版社为保证系列专著出版质量所付出的辛勤劳动!

项目首席科学家

曾呈奎

1999年8月于青岛

前 言

为了加强海洋生物学基础研究,促进我国海水养殖业持续、稳定地发展,在原国家科委(现国家科技部)的组织、领导下,国家攀登计划B类项目“海水增养殖生物优良种质和抗病力的基础研究”于1995年启动。我们承担了其中的“海水鱼类生殖、发育和养殖生物学研究”课题,从鱼类性腺发育、胚胎发育及幼鱼、成鱼的发育生长等各个发育阶段,对海水鱼类的生殖、遗传、发育等基础生物学和海水鱼类发育过程中各个环节与环境因子的关系以及海水鱼类育苗和养殖技术等进行基础性和应用基础性研究。本书以上述研究的结果为主要内容,结合海水鱼类生理、遗传、生殖、发育的基本生物学知识,较系统地阐述了海水鱼类生殖、发育和养殖生物学方面的有关内容,旨在为海水鱼类科研、教学工作者和养殖工作者提供一些参考资料。

本书系“海水增养殖生物优良种质和抗病力的基础研究”丛书的第一分册,全书内容共分为6章,按照海水鱼类发育顺序编排。第一章海水鱼类的性腺发育和性别决定,主要阐述了海水鱼类性腺发育的细胞学基础和生理特征,探讨了性腺发育和成熟的调控机制和神经内分泌作用机制等;第二章海水鱼类的性转换和性控,主要阐述了海水鱼类性别决定机理、影响海水鱼类的性转换的环境因子和人工性别控制技术;第三章海水鱼类的配子发生和受精过程,主要阐述了海水鱼类受精作用的过程及精卵相互作用机理;第四章海水鱼类的胚胎发育,主要阐述海水鱼类胚胎发育的过程及环境因子对胚胎发育的影响和早期胚胎发育过程中胚胎蛋白质成分的变化;第五章和第六章主要阐述了两种海水养殖鱼类真鲷和牙鲆的仔鱼、幼鱼和成鱼的发育和养殖技术。

本书由参加“海水鱼类生殖、发育和养殖生物学研究”课题的4个研究和教学单位共同编写。其中,中国科学院海洋研究所的李军、阮洪超和张培军分别负责编写了第一、第二和第四章;青岛海洋大学的张上瓘、姚善成分别负责编写了第一和第三章;水产科学院黄海研究所的雷霖负责编写了第五章;国家海洋局第一海洋研究所的毛兴华负责编写了第六章。

本书在国家攀登计划B类项目专家组的直接指导和关怀下完成,参加课题的研究人员积极参与编写、绘图和稿件的整理,在此一并致谢。由于实验工作有一定局限性,收集的资料不尽完善,因而内容不够全面,错误之处在所难免,望读者批评指正。书中引用参考文献较多,限于篇幅未能在书后一一列举出处,在此向原作者表示歉意和谢意。

作者

1999年8月

目 录

绪论	1
第一章 海水鱼类性腺发育和性别决定	7
第一节 海水鱼类的繁殖和性腺发育	7
第二节 激素对海水鱼类性腺发育的调节作用	13
第三节 海水鱼类性腺发育的人工调控	20
第四节 海水鱼类的性别决定和分化	29
第二章 海水鱼类的性转换和性控	38
第一节 环境因子对海水鱼类性转换的影响	39
第二节 人工控制鱼类性别的意义	40
第三节 养殖上获得单性鱼的技术方法	42
第四节 黑鲷人工诱导性转换	52
第三章 海水鱼类的配子发生和受精过程	61
第一节 精子和卵子的形态特征和类型	61
第二节 精子和卵子的发生	69
第三节 海水鱼类的受精过程	71
第四章 海水鱼类的胚胎发育	85
第一节 海水鱼类胚胎发育过程	85
第二节 真鲷和牙鲆的胚胎发育	100
第三节 环境因子对海水鱼类胚胎发育的影响	104
第四节 环境因子对真鲷胚胎发育的影响	111
第五章 真鲷的育苗和养成	116
第一节 真鲷的生物学特性	116
第二节 真鲷仔稚幼鱼的发育及育苗技术	117
第三节 真鲷的养成技术	138
第六章 牙鲆的育苗和养成	151
第一节 牙鲆的生物学特性	151
第二节 牙鲆仔稚幼鱼的发育及育苗技术	152
第三节 牙鲆的养成技术	179
第四节 牙鲆的疾病与防治	192
部分参考文献	200

绪 论

占地球表面积 71% 的海洋蕴藏着极其丰富的生物资源。与已被充分开发的陆地生物资源相比,海洋生物资源具有更大的开发潜力。广阔的海洋将成为人类 21 世纪获得食物和药品的重要来源。在当今世界面临人口爆炸、资源破坏、食物短缺三大危机严重挑战的紧要关头,世界各国都把开发海洋作为国民经济发展的重点,竞相投入巨资进行海洋资源开发研究。其中,海洋渔业的发展是开发海洋生物资源的主要组成部分。传统的海洋渔业以捕捞为主,但由于世界各国捕捞技术的发展和捕捞强度的增大超过了海洋生物资源的自然增长,使以捕捞为主的海洋渔业的发展受到限制。自 20 世纪中期,海水养殖开始引起各水产大国的重视。在这些国家中,海洋渔业的发展逐渐从捕捞型向增养型过渡。

近几十年来,我国海水养殖业发展迅速。从 20 世纪 50 年代海带养殖大规模推广形成第一个养殖浪潮以来,20 世纪 70 年代对虾工厂化育苗技术的突破带来了以对虾养殖为主的第二个养殖浪潮,20 世纪 80 年代后期,贝类人工育苗技术的发展和美国海湾扇贝引种成功,形成了以大规模贝类养殖为主的第三个养殖浪潮。这三个养殖浪潮的兴起使我国成为当今世界第一水产养殖大国。从 1992 年起,我国的水产品总产量即跃居世界首位,并于此后一直保持领先地位。海水鱼类的养殖在我国自 20 世纪 50 年代即已开始,但仅限于少数养殖品种。由于育苗和养殖技术较难,养殖条件要求较高,因此海水鱼类养殖发展较慢。海水鱼类,尤其是一些名贵品种,肉质鲜美,营养丰富,近几年已经成为人们饮食中不可缺少的水产品,且需求量日益增高。突破海水鱼类养殖技术,发展海水鱼养殖已成为当前海洋渔业发展的当务之急。可以预言,我国以海水鱼养殖为主的第四个养殖浪潮,在 21 世纪初期即将形成。

一、我国的海水鱼养殖现状

我国拥有长达 18 000km 的海岸线,有渤海、黄海、东海、南海四大海区 and 5000 多个星罗棋布的大小岛屿。水深 200m 以内的大陆架渔场有 110 万 km^2 ,港湾和滩涂面积约 100 万 hm^2 ,其中约有 13 万 hm^2 可以用于海水鱼类的养殖。目前世界上养殖的海水鱼类有 100 余种,养殖年产量近百万 t。我国海域的海水鱼类有 1500 多种,其中已推广养殖的有 30 余种,养殖年产量达 10 万 t。主要养殖品种有鲷鱼、梭鱼、斑鲷、罗非鱼、鲳鱼、石斑鱼、鲈鱼、大黄鱼、六线鱼、鲷类、鲆鲽类、鲑鳟类、鲑类及鲟类。其中鲷鱼、梭鱼、斑鲷、罗非鱼和鲈鱼等广温性鱼类在南方和北方沿海均有养殖;鲳鱼、石斑鱼和鲆鲽类仅在南方养殖;鲑鳟类、鲑类及鲟类则仅在北方养殖。

我国最早养殖的海水鱼是遮目鱼、鲷鱼和梭鱼。遮目鱼养殖主要在我国台湾省沿海地区。鲷鱼和梭鱼的养殖范围较大,我国北方和南方都有鲷鱼和梭鱼的港湾养殖。20 世纪 70 年代在鲷、梭鱼与对虾混养等方面取得不少成功的经验。近十几年来在南方福

建、广东沿海广泛开展了经济价值较高的鲷类、鲈鱼、石斑鱼和鲟鲙类的网箱养殖。1995年,仅福建省沿海地区的海水鱼养殖网箱即发展到7万多个,养殖各种海水鱼类年产量约3万t。大黄鱼是我国20世纪70年代以前海洋捕捞的主要海水鱼品种,由于过度捕捞,其资源几近枯竭。近几年大黄鱼育苗技术的突破使这种海水鱼的养殖迅速发展起来。在山东沿海地区牙鲆鱼的工厂化养殖达到20多万 m^3 水体,年产牙鲆鱼近1000t。

目前我国海水鱼养殖的方式主要有港塭养殖、池塘养殖、网箱养殖和室内工厂化养殖。南方海域水温高,在冬季最低水温也有 12°C ,大多数海水鱼类可以在自然水域周年摄食和生长,因而,海水鱼类的养殖方式以网箱养殖和池塘养殖为主。北方海域在冬季水温可降至 2°C 或更低,大多数养殖鱼类不能在自然水域越冬,因此养殖方式以室内工厂化养殖为主,网箱养殖和池塘养殖较少,而且对于多数不耐寒的鱼类,如真鲷、黑鲷、牙鲆等,4~5月份放入网箱养殖,到11月份就必须转移至室内越冬。

以下简要介绍几种养殖方式的生产状况。

1. 港塭养殖

我国沿海有许多港湾具备港塭养鱼的良好条件,目前已开发利用的养殖面积有2万 hm^2 ,主要分布在河北、山东、浙江、福建和广东省的沿海地区。港塭养殖是利用沿海港湾、海滩或近海沿岸的低洼地区,修筑堤坝,开构建闸,贮积海水进行养殖的一种粗放式养殖方式。利用天然的潮汐涨落引水纳苗,因而,养殖品种较难人为控制。养殖条件接近自然生态环境,不投饵,管理较简单,投入较低,单位面积产量也比较低。

在20世纪60年代和70年代,港塭养鱼是我国主要的海水鱼养殖方式。当时采取人工捕苗、育苗、施肥、除敌害等技术措施,在海水养殖业发展中发挥了一定作用,养殖的品种以鲷鱼、梭鱼、斑鲷等较低价值的鱼为主。近十几年来,由于多种海水鱼人工繁殖、育苗的成功,海水鱼养殖逐渐从粗放型向精养型过渡,采用新技术精养、密养,高投入、高产出的网箱养殖及工厂化养殖迅速发展起来。

2. 池塘养殖

池塘养殖一般是在靠近海边的陆地上挖建池塘,将海水引入,并常常利用潮汐涨落来进行池内海水的更换。池塘养鱼以海水为主,有时也使用海水和淡水混合的咸淡水。一些对盐度适应范围较广的品种,如鲷鱼、梭鱼、罗非鱼、梭鲈、遮目鱼等已成为我国咸淡水池塘养殖的主要品种。池塘养鱼水体较小,管理方便,可以采用各种养殖技术,投饵、施肥,施用防治病害的药物,进行高密度精养或混养,产量比港塭养殖明显提高。同时,还具有投资少、生产周期短、收益大、生产较稳定等优点。因此,20世纪70年代以来在我国沿海养殖面积逐年增加,发展很快。

3. 网箱养殖

近几十年来,一些水产养殖业较发达的国家广泛采用了网箱养鱼的新技术,如日本、挪威、加拿大、丹麦、英国、法国、德国、智利、泰国及菲律宾等国家都有较先进的网箱养鱼技术。日本的海水网箱养殖主要是养殖鲷鱼,其养殖产量占网箱养殖总产量的80%左右。美国从20世纪60年代起开始网箱养殖,获得较高的单产。每 m^3 海水的产量,鲟鲙为49.5kg,硬头鲂为103kg,鲑鱼可达240kg。加拿大纽芬兰省用网箱养殖

三倍体全雌的虹鳟鱼, 每 m^3 海水的产量可达 300kg。我国从 20 世纪 80 年代初开始进行网箱养殖, 近十年来, 在福建、广东、浙江沿海得到迅速发展, 1995 年不完全统计全国沿海地区海水鱼类养殖网箱达 16 万个, 网箱养殖产量占海水鱼总产量的 85% 以上。网箱养殖具有许多优点: 投资小, 耗费低; 充分利用水体, 不占用土地; 水流通畅, 不需要换水和充气; 投饵方便, 便于管理, 可以进行高密度精养, 产量高。

我国目前所使用的网箱主要有三种类型: 浮式网箱、沉式网箱和升降式网箱。它们各有其优缺点。浮式网箱应用得最广泛, 它的优点是水体体积稳定, 箱体离开海底, 不会被底质污染, 箱体移动比较灵活; 其缺点是不能抗较大风浪。沉式网箱由于整个网箱全部沉入水平面以下, 因而抗风浪能力强, 适于在风浪较大或台风多的海区设置; 但由于箱体没于水中, 投饵和管理较不方便。升降式网箱则兼具前两种网箱的优点, 在风浪大的时候, 自动调节控制将网箱降至一定水层, 到风平浪静时又可通过机械或遥控操纵将网箱升至海面, 既能防风浪, 又便于养殖管理; 但建造这种网箱的费用要大得多。

4. 室内工厂化养殖

在北方沿海地区, 由于冬季海水温度降至接近零度, 大多数海水养殖鱼类不能在自然海域生存, 因而在山东、辽宁等省沿海地区近几年来发展起了室内工厂化养殖。目前工厂化养殖的海水鱼类主要有牙鲆、真鲷、黑鲷等。室内工厂化养殖投资较大, 需要建厂房和水泥池, 安装进排水管道和加热水管道, 建锅炉供热系统等。

室内工厂化养殖具有人工控制环境条件的优点, 可以控制温度、pH 值、盐度、溶解氧等, 使之达到鱼类最佳生长条件。同时, 可以进行高密度集约化养殖, 缩短养殖周期, 提高单位水体养殖产量。目前, 在北方沿海地区已发展了较成熟的室内工厂化养殖技术。但由于其投入成本较大, 因此只适于几种经济价值较高的名贵海鱼的养殖。

二、我国海水经济鱼类的分布

我国海水鱼类约有 1500 种, 分布在黄、渤海的约有 250 种, 在东海约有 600 种, 南海有 1000 余种。其中有些鱼种是各海区特有, 有些鱼种则从北至南广泛地分布于各海区中。

我国的各个海区均有较大的河流入海。在北方有黄河、海河及辽河流入渤海, 淮河流入黄海; 在南方有长江、钱塘江、闽江流入东海, 珠江流入南海。这些河流将大量淡水、泥沙及营养盐带入海中, 在入海口附近形成了许多海水鱼类的产卵场和索饵场, 这为我国沿海海水鱼类的繁殖和生长发育提供了有利的条件。

渤海位于亚寒带区域, 水温在冬季降至接近 0°C , 因此其中分布的海水鱼类以亚寒带性的典型鱼类为主, 主要有鳕鱼、牙鲆、黄盖鲽、鲈鱼、带鱼等。黄海北部海区的情形与渤海相似, 除有上述鱼种分布外, 还有太平洋鲱鱼、六线鱼、鲷鱼、梭鱼、真鲷、黑鲷、鲈鱼等主要经济品种。

黄海南部和东海北部海域的水温明显升高, 基本属于温带海区, 其中分布的鱼种也明显增多, 有些大的产卵场和索饵场形成许多较大的渔场, 因而这一海域的经济鱼类产量也较其他海域高, 其中主要分布的鱼种有大黄鱼、黄姑鱼、鲷鱼、鲳鱼、马鲛鱼等。

东南部的海域属于亚热带, 其中分布的许多经济鱼种与南海相同, 例如蓝圆鲹、

二长棘鲷、红鳍笛鲷、金钱鱼及鲷鱼等，同时也分布有东海北部所有的一些鱼种，如石斑鱼、真鲷、鲳鱼、马鲛鱼等。

南海属于热带海洋，在我国四个海区中面积最大，其近海的深度也是最大，海中岛屿最多。南海鱼类绝大多数属于热带和亚热带品种。其主要经济鱼类约有 70 多种，其中软骨鱼类有 16 种，如鲸鲨、大青鲨、鳐类、鲼类等都有一定资源量。硬骨鱼类有 54 种，如鲱形目中的鲱鱼、鲷鱼、青鳞鱼、沙丁鱼、鲈形目中的赤点石斑鱼、鲷鱼、大眼鲷，以及蓝圆鲹、竹夹鱼、红鳍笛鲷等。南海中远洋中上层经济鱼类有青干金枪鱼、扁舵鲣、白卜鲳等，资源相当丰富（苏锦祥，1982）。

综上所述，我国黄渤海和东海的鱼类种类繁多，以底层鱼和中层鱼类为主，而上层鱼类占少数，在鱼类数量变动上比较稳定。南海经济鱼类的特点是：绝大多数鱼种属于热带或亚热带性，其中有近一半的鱼种同时也分布于东海，但是较少分布到黄海，在 70 多种经济鱼类中，只有 16 种分布到黄海。

三、我国海洋经济鱼类的生态特点

从我国沿海的地理环境、水文、气象环境及海水鱼类的分布情况来看，我国的海洋经济鱼类具有以下生态特点：

我国海区处于热带、亚热带及温带，海岸线的纬度跨度大，海域范围广阔，生态环境的多样性丰富。

由生态环境的多样性，导致我国海水鱼类品种的多样性。我国海水鱼类的特点是种类丰富，既有热带、亚热带性鱼种，又有温带、亚热带以至寒带性鱼种。

缺少像高纬度的鲱鱼、鳕鱼和鲑鳟类等特别集中的高产单一品种，因而在捕捞和养殖方面均缺少类似我国淡水渔业中“四大家鱼”的当家鱼种。

我国近海河口较多，有丰富的营养盐从大陆被淡水流入海内，使河口附近形成饵料供应场，饵料基础广泛而丰富，有利于鱼类的繁殖发育，因此，大多数鱼种具有生长快、成熟较早的特点。各种经济鱼类产卵期交错，一年四季都有不同的鱼种产卵，但以春夏季节为主。产卵场分布很广，彼此影响较小，有利于鱼类的产卵、孵化及仔鱼、幼鱼的生长发育。

我国的海水经济鱼类以中下层浅海鱼类为主，其栖息范围在 100m 以内水深的海区，因而受大陆架的局限性较大，水平洄游范围小。

四、海水鱼类的基础生物学

研究海水鱼类的生殖、发育及遗传规律，必须了解它们的基础生物学知识，这些主要包括以下几个方面。

1. 鱼类的繁殖特点

鱼类的繁殖特点包括：鱼类的性成熟特点，性腺发育与分期，生殖细胞的发生和成熟过程，以及鱼卵的附着力与生长、年龄等方面的关系。海水鱼类生活在海水环境中，绝大多数鱼种都是体外受精，卵子在海水环境中发育，这是它们繁殖的共同点。然而每种鱼都有其独特的生殖条件，只有满足这些条件，胚胎发育及仔幼鱼的发育生长才能正

常进行,这些特点是海水鱼类对环境长期适应的结果。了解各种鱼类的繁殖习性和特点以及它们的生长发育规律,对海水养殖鱼类的育种、养殖有重要的实际意义。

2. 鱼类的摄食与营养

摄食是鱼类最重要的生命条件之一,没有饵料保障,鱼类就不能生存。摄食的质量也直接影响到鱼类的生长发育和繁殖。研究鱼类的食性,掌握不同鱼类的摄食特点以及环境因子对鱼类摄食的影响等,对鱼类养殖十分重要。特别是不同发育期的仔、幼鱼摄食方式不同,对饵料的要求也不同,只有充分了解鱼类的这些摄食规律和不同发育期的营养要求,才能保障鱼类更好地生长发育。海水鱼类的摄食类型主要包括:植物食性,以植物为饵料;动物食性,以各种动物为饵料,包括甲壳动物、底栖动物甚至鱼类等;杂食性,兼食植物性饵料和动物性饵料。鱼类不同的食性,直接影响鱼肉的质量,一般来说,植物食性鱼类的肉质较差,而动物食性鱼类的肉质鲜美。所以,石斑鱼、真鲷等名贵海鱼比梭鱼等具有更高的经济价值和营养价值。

鱼类的食性在不同发育阶段和不同季节均有明显的改变。在仔鱼阶段,最初以浮游生物为食。例如:大黄鱼的仔鱼、幼鱼以桡足类、糠虾、磷虾为食,成鱼则以各种鱼类的幼鱼及虾类为食;真鲷、牙鲆的初孵仔鱼在刚开口时主要以轮虫及桡足类等小型浮游动物为食,成鱼则以瓣鳃类、短尾类、海胆类底栖动物为食,在养殖条件下则在投喂轮虫一周之后即转换为投喂卤虫,在仔鱼发育到一定阶段时再转换饵料。随着养殖技术的发展,目前真鲷、牙鲆等海水鱼在苗种培育期完全投喂人工饵料,在不同发育阶段投喂不同级别的适口饵料,获得很好的养殖效果。

天然海域中鱼类的食性还随季节更换和昼夜交替而变化,这主要是由于海水温度、盐度、无机盐等的季节性变化引起水域中作为鱼类饵料的生物类群的变化,导致了鱼类摄食的改变。自然界鱼类的摄食活动也有昼夜差异,在渔汛盛期渤海水域的鲈鱼夜间的摄食强度大于白天。在养殖条件下,如系网箱养殖或池塘养殖,则随水温的变化,投饵量应有所不同。但对于室内工厂化养殖来说,由于水环境条件比较稳定,这种摄食的差异表现得不明显。

3. 鱼类的年龄与生长

不同种鱼的生长速度不同,生长的最大体长、体重和寿命也有很大差异。例如,真鲷和牙鲆的体重均可达到十几 kg,最大年龄可达十几年;大西洋鲱鱼最大年龄为 23 年;鲟科鱼类年龄可达 100 年,体重可达 1t。鱼的天然寿命与新陈代谢的进程密切相关,有些鱼种在第一次产卵后即全部死亡,如大麻哈鱼 4 岁达到性成熟,产卵后即死亡,因而其寿命也只有 4 年。鱼类的年龄可通过鳞片、鳍条或耳石的标本来检查,在这些组织上都清楚地显示出鱼类生长所形成的年轮。对鱼类生长率的研究和测定也是研究鱼类生长发育状况的直接的和重要的手段。最常用的测量指标是体长、全长、体高和体重以及利用这些指标所计算出的肥满度,通常采用福尔敦(Fulton, 1920)提出的肥满度计算公式:

$$K = W \cdot 100 / L^3$$

式中: K ——肥满度;

W ——鱼体重量(g);