



2006-2007

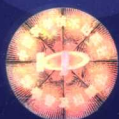
水 产 学

学科发展报告

REPORT ON ADVANCES IN FISHERY SCIENCE

中国科学技术协会 主编

中国水产学会 编著



中国科学技术出版社



2006-2007

水 产 学

学科发展报告

REPORT ON ADVANCES IN FISHERY SCIENCE

中国科学技术协会 主编

中国水产学会 编著

中国科学技术出版社

· 北 京 ·

图书在版编目(CIP)数据

2006—2007 水产学学科发展报告/中国科学技术协会主编;
中国水产学会编著. —北京:中国科学技术出版社,2007.3

ISBN 978-7-5046-4509-8

I. 2... II. ①中... ②中... III. 渔业-工程-研究
报告-中国-2006—2007 IV. S95

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 022274 号

自 2006 年 4 月起本社图书封面均贴有防伪标志,未贴防伪标志的为盗版图书。

中国科学技术出版社出版

北京市海淀区中关村南大街 16 号 邮政编码:100081

电话:62179148 62173865

<http://www.kjpbooks.com.cn>

科学普及出版社发行部发行

北京中科印刷有限公司印刷

*

开本:787 毫米×1092 毫米 1/16 印张:10.25 字数:246 千字

2007 年 3 月第 1 版 2007 年 3 月第 1 次印刷

印数:1—2000 册 定价:28.00 元

ISBN 978-7-5046-4509-8/S·513

(凡购买本社的图书,如有缺页、倒页、
脱页者,本社发行部负责调换)

2006—2007
水产学学科发展报告
REPORT ON ADVANCES IN FISHERY SCIENCE

首席科学家	唐启升				
顾问组成员	周应祺	范兆廷			
专家组成员	(按姓氏笔画排序)				
	王 岩	毛玉泽	方建光	归从时	司徒建通
	麦康森	杨宁生	杨先乐	李家乐	吴 凡 修
	陈天及	陈松林	陈恩友	周德庆	徐 皓
	曹海鹏	章超桦			
学术秘书	王少华				

序

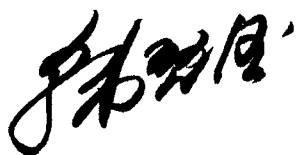
基于我国经济社会发展和国际社会竞争态势的客观要求,党中央、国务院做出增强自主创新能力、建设创新型国家的战略部署,这是综合分析我国所处历史阶段和世界发展大势做出的重大战略决策。学科创立、成长和发展,是科学技术创新发展的科学基础,是科学知识体系化的象征,是创新型国家建设的重要方面,是国家科技竞争力的标志。在科学技术繁荣、发展的过程中,传统的自然科学学科得以不断深入发展,新兴学科不断产生,学科间的相互渗透、相互融合的趋势不断增强;边缘学科、交叉学科纷纷涌现,新的分支学科不断衍生,科学与技术趋向综合化、整体化。及时总结、报告自然科学的学科最新研究进展,对广大科技工作者跟踪、了解、把握学科的发展动态,深入开展学科研究,推进学科交叉、融合与渗透,推动多学科协调发展,促进原始创新能力的提升,建设创新型国家具有非常重要的意义。为此,中国科协在连续4年编制《学科发展蓝皮书》基础上,自2006年开始启动学科发展研究及发布活动。

按照统一要求,中国力学学会、中国化学会、中国地理学会等30个全国学会申请承担了2006年相应30个一级学科发展研究任务,并编撰出版30本相应学科发展报告。在此基础上,中国科协学会学术部组织有关专家编撰了全面反映这30个一级学科的总报告——《学科发展报告综合卷(2006—2007)》。

中国科协是中国科学技术工作者的群众组织,是国家推动科学技术事业发展的重要力量,开展学术交流、活跃学术思想、促进学科发展、推动自主创新是其肩负的重要任务之一。开展学科发展研究及学科发展报告发布活动,是贯彻落实科技兴国战略和可持续发展战略,弘扬科学精神,繁荣学术思想,展示学科发展风貌,拓宽学术交流渠道,更好地履行中国科协职责的一项重要举措。这套由31卷、近800余万字构成的系列学科发展报告(2006—2007),对本学科近两年来国内外科学前沿发展情况进行跟踪,回顾总结,并科学评价了近年来学科的新进展、新成果、新见解、新观点、新方法、新技术等,体现了学科发展研究的前沿性;报告根据本学科的发展现状、动态、趋势以及国际比较和

战略需求,展望了本学科的发展前景,提出了本学科发展的对策和建议,体现了学科发展研究的前瞻性;报告由本学科领域首席科学家牵头、相关学术领域的专家学者参加研究,集中了本学科专家学者的智慧和学术上的真知灼见,突出了学科发展研究的学术性。这是参与这些研究的全国学会和科学家、科技专家劳动智慧的结晶,也是他们学术风尚和科学责任的体现。

希望中国科协所属全国学会坚持不懈地开展学科发展研究和发布活动,持之以恒地出版学科发展报告,充分体现中国科协“三服务、一加强”(为经济社会发展服务,为提高全民科学素质服务,为科学技术工作者服务,加强自身建设)的工作方针,不断提升中国科协和全国学会的学术建设能力,增强其在推动学科发展、促进自主创新中的作用。

A stylized handwritten signature in black ink, likely belonging to Chen Yong, the President of the Chinese Association of Science and Technology.

2007年2月

前 言

《水产学学科发展报告(2006—2007)》(以下简称“报告”)的编写工作从2006年6月开始启动,到2006年12月底完成。编写本报告的指导思想是:着重阐述2005~2006年本学科在科技方面的进展情况,展示学科发展的风貌,总结年度中出现的学术新进展、新成果、新见解、新观点,为促进学科发展、人才成长和科技进步作出了贡献。

进入21世纪,建设现代渔业、发展渔业经济、增加渔民收入是实现水产业可持续发展的重要目标。而且,我国加入“世贸组织”后,水产业在更深层次和更广泛的领域面临国际和国内市场的激烈竞争。应对水产业面临的挑战,就必须不断增强水产品的竞争力,增加渔民收入和增加水产业的整体效益。增强水产品竞争力的关键在于提高水产品的科技含量。水产科技进步与创新是建设现代水产业的决定性因素和强大推动力量。面对新形势、新任务、新机遇和新挑战,如何加快水产科技进步是广大水产科技工作者面临的一个新课题。2005~2006年正值“十五”末、“十一五”初,是一个承上启下的时期,既可以对前段水产科技进展进行总结又能对近期的发展作出规划。因此,对近两年水产科学的进展情况做一个系统的调研是非常有必要的。通过回顾近两年我国水产科技发展历程,比较分析国内外水产科技发展的差距,能够认识到今后我国水产科技的发展趋势。为了更好地反映该项研究成果,我们将其编辑成本报告。

报告的编写工作由中国水产学会组织专家完成。报告主要论述了水产学科各个领域在2005~2006年重大科技进展情况;专题报告有6篇,论述了水产生物技术、海水养殖、水产品质量安全、水产动物疾病、水产动物营养与饲料、渔业装备与工程领域在2005~2006年取得的重大科技进展。有20余位专家参与了报告的撰写工作,作者均为水产界的知名学者,他们在百忙之中收集资料,精心撰写。另有50位专家参加了审稿工作,他们对本书提出了中肯的意见和建议。可以说,本报告凝聚着众多专家、学者和科技工作者的心血,记载了我国在2005~2006年水产学科所取得的重大进展。报告从多个角度对近两年水产学科的科技进展情况进行了集中展示,为广大水产科技工作者提供了一部内容丰富的参考文献。

中国水产学会
2006年12月

目 录

序	韩启德
前言	中国水产学会

综合报告

水产学学科发展的现状分析与前景展望	(3)
一、概述	(3)
二、2005~2006 年水产学学科研究进展	(5)
三、水产学学科发展的国内外差距	(25)
四、水产学学科的发展需求、预测与展望	(33)
参考文献	(39)

专题报告

水产生物技术学科发展	(51)
海水养殖学科发展	(74)
水产品质量安全学科发展	(96)
水产动物疾病学科发展	(105)
水产动物营养与饲料学科发展	(126)
渔业装备与工程学科发展	(131)

ABSTRACTS IN ENGLISH

Comprehensive Report

Advances in Fishery	(149)
---------------------------	-------

Reports on Special Topics

Advances in Aquaculture Biotechnology	(151)
Advances in Mariculture	(151)
Advances in Quality and Safety of Aquatic Products	(152)
Advances in Science for Aquatic Animal Diseases	(152)
Advances in Aquaculture Nutrition and Feed Industry	(153)
Advances in Fishery Equipment and Engineering	(153)

综合报告

水产学学科发展的现状分析与前景展望

一、概述

水产学是研究开发利用水生生物资源,保证其可持续利用的学科,为国家一级学科。

水产业又称渔业,作为农业的重要产业之一,在促进农村产业结构调整、增加农民收入、保障食品安全、优化国民膳食结构和提高农产品出口竞争力等方面发挥着极其重要的作用。

20世纪80年代以来,我国对渔业经济体制和价格体制进行了改革,极大地调动了渔农发展生产的积极性,我国渔业走上了一个快速发展的阶段,水产品产量大幅度提高,自1990年起连续十几年位居世界首位。近年来,我国渔业经济增长方式开始发生重大转变,从过去单纯追求产量增长,转向更加注重质量和效益的提高;注重资源的可持续发展。为了减缓海洋捕捞产量高速增长对资源造成的压力,对海洋渔业结构实行了战略性调整,1999年首次提出海洋捕捞产量“零增长”的目标,后又进一步提出“负增长”的目标,对海洋捕捞强度实行了严格的控制制度。中国在世界渔业捕捞向养殖转变中占据着领先地位。

近年来,我国渔业持续快速的发展,并实现了“以捕为主”向“以养为主”的历史性转变。2005年渔业总产量达到5 102万t,占世界水产品总量的38%,比“九五”末增加了823万t,增长了20%;养殖产量达3 393万t,占世界养殖总量的70%以上,比“九五”末增加了815万t,增长了32%。2005年海洋捕捞产量1 453万t,比“九五”期末减少24万t,减少了1.6%,实现了负增长目标。渔业总产值达到4 180亿元,占农业总产值的10%,比“九五”末增加了1 373亿元,增长了49%;海洋渔业总产值占海洋经济总量的30%;水产品出口额78.9亿美元,占全国农产品出口总额的30%,比“九五”末增加了41亿美元,增长了106%;渔民人均收入达5 869元,比“九五”末增加了1 144元,增长了24%^[1]。

中国渔业经过改革开放以来的高速发展期和近年来的战略性调整,步入了一个持续、稳定、健康发展的阶段,其主要特点有以下几个方面。

(1) 产业结构进一步优化

从单纯追求产量增长,转向注重质量和效益的提高;注重资源的可持续发展。对海洋渔业结构实行战略性调整,海洋捕捞产量实现了负增长。

(2) 水产养殖快速发展,质量和效益明显提高

目前,我国水产养殖业已从过去追求养殖面积扩大和养殖产量增加,转向注重品种结构调整和产品质量提高。新的养殖技术和新的养殖品种不断推出,养殖领域进一步拓展,名特优水产品养殖规模不断扩大,工厂化养殖、深水网箱养殖、生态健康养殖模式迅速发展,养殖业的规模化、集约化程度逐步提高。

(3) 水产品贸易持续增长,远洋渔业质量进一步提高

随着国家减船转产计划和发展远洋渔业的优惠政策的实施,远洋渔业特别是大洋性公海渔业得到较快的发展,入渔船数和企业效益不断提高,管理更加规范。优势水产品的出口市场已基本形成,除日本、韩国、香港等传统出口市场外,对美国、欧盟等国家和地区的出口也有较大的增长;形成以发达国家和地区为主的国际市场格局,水产品已成为各地农产品出口创汇的拳头产品,特别是在水产养殖产品出口方面;鳗鲡、对虾、贝类、罗非鱼、大黄鱼、河蟹六大类名优水产品在国际市场有较高的知名度和竞争力。

(4) 渔业资源和生态环境保护力度不断加大

在产业发展的同时更加重视渔业资源和生态环境的保护,实行了严格的禁渔期制度,严格控制捕捞强度,对捕捞渔船进行大规模压减,对资源和生态环境保护产生了积极的影响。

我国渔业之所以取得如此巨大的成就,科技进步在其中发挥了巨大的推动作用。“十五”期末,我国渔业科技进步贡献率已超过 50%。渔业科技发展的成就,归纳起来,主要体现在以下三个方面。

(1) 水产养殖

一是生物技术和水产动物育种技术取得新突破,培育了一大批新的优良品种,对发展优质高效渔业起了重要的促进作用。二是人工繁殖技术不断发展,为海水和淡水养殖生产提供了足量优质苗种;一大批水产名优种类的育苗和养殖技术相继取得成功,丰富和优化了养殖品种结构。三是设施渔业开发迈上新台阶,工厂化养殖和抗风浪网箱等装备技术快速发展,有力促进了渔民的转产转业,拓展了海水养殖业的发展空间。四是水产健康养殖、无公害养殖和标准化养殖技术全面发展。五是初步建立了疾病监测与防控技术体系,推广了多种健康养殖模式。六是环保型、功能性饲料得到应用,绿色产品逐渐增多。

(2) 水产捕捞与资源养护

海洋渔业资源专项调查和信息系统集成的研究成果,为渔业生产和管理提供了科学依据;远洋渔业资源的开发,使鱿鱼、竹荚鱼、金枪鱼等鱼类成为我国远洋渔业的主要捕捞对象,产生了良好的社会、经济效益。人工鱼礁的技术创新和大规模建设,为资源保护提供了新途径,有效改善了我国近海渔业资源状况,取得了良好的生态和经济效益。

(3) 水产品加工

一是水产品冷藏链保鲜技术快速发展,淡水鱼保鲜、加工方法不断改进,其中海水鱼的保鲜水平已达到或接近国际水平。二是我国水产品加工及加工品呈现出综合性、高值化、多品种的态势,延长了产业链,提高了渔业生产的综合效益。三是随着生物化学和酶化学及应用技术的发展,低值水产品和加工废弃物利用水平进一步提高。

2005 年至 2006 年适逢我国“十五”末、“十一五”初,系统总结这一时期的学科进展情况和进行国际比较,预测学科发展方向,对于做好“十一五”渔业科技工作、水产学科建设和促进渔业发展将起到积极的作用。

本报告在 2005 年至 2006 年水产生物技术,资源与育种,海、淡水水产养殖,水产动物病害,水产动物营养与饲料,渔业装备与工程,水产品贮藏与加工,渔业信息技术的科技进步,国内外比较、发展需求、趋势预测等方面,全面分析和解读了水产学科研究进展。

二、2005~2006 年水产学学科研究进展

(一) 水产生物技术

1. 水产动物功能基因筛选与克隆研究

该领域的研究是近两年国内水产生物技术领域的热点,已取得非常明显的进展。我国学者在有关基因克隆、序列分析以及表达分析方面作了大量的研究,研究所涉及的基因大致可分为免疫、抗病相关基因,生长、生殖与发育相关基因,性别控制相关基因,溶菌酶和激酶等酶类基因等几大类。研究的对象主要包括牙鲆、大菱鲆、石斑鱼、大黄鱼、鲈、真鲷、罗非鱼、银鲫、鳊、鲢、黄鳊、草鱼、鲤鱼、鲟鱼等海、淡水养殖鱼类,中国对虾、斑节对虾、螯虾、扇贝、中华绒螯蟹、罗氏沼虾和日本沼虾等无脊椎动物,中华鳖等爬行动物,还有一些研究涉及斑马鱼和文昌鱼等模式动物。

2. 分子标记筛选与应用

国内一些研究已经建立了多种水产养殖动物的微卫星、AFLP 和 ISSR 等分子标记技术。2005 年至 2006 年期间筛选开发了近 20 种重要水产养殖动物微卫星标记,只是绝大部分都是未知功能的微卫星标记;其中只有部分来自表达序列标签的微卫星是功能性分子标记,因此到目前为止这些微卫星标记还无法用于分子标记辅助选育种试验中去。在筛选与感兴趣的目标性状连锁的功能性分子标记方面,已筛选出并定位了鲤鱼抗寒相关分子标记^[2]。实验室克隆了部分海水鱼类的主要组织相容性复合体基因并进行了深入研究。目前国内学者已经构建了鲤鱼^[3]、中国(明)对虾^[4]、栉孔扇贝^[5]等水产经济动物的遗传连锁图谱,为数量性状位点定位及分子育种打下了良好基础。

3. 基因工程和细胞工程育种

国内近两年在这个方面重点放在外源基因的转移方法和转基因水产生物的安全性评价上。主要成果有:构建了斑马鱼双色荧光基因打靶载体,以用于基因敲除和基因插入研究;进行了外源生长激素基因对转基因鲤鱼免疫功能影响的研究;采用显微注射法将人 α 干扰素(HuIFN α)重组基因转入草鱼 I~II 细胞期的受精卵。在细胞工程育种方面,近两年主要开展了雌核发育的研究,研究的对象涉及鱼、虾和贝类,采用的方法大多采用异源精子诱导法,其中主要研究对象有丁鲷、鲢、牙鲆、栉孔扇贝、大黄鱼、太平洋牡蛎、栉江珧、栉孔扇贝、斑马鱼、中国对虾、日本鲫鱼等。

4. 水产养殖动物胚胎干细胞培养和细胞库建立

在海水鱼类胚胎干细胞培养和海水鱼类细胞库建立方面取得明显进展:建立了表达 GFP 的花鲈胚胎干细胞株,建立了胚胎干细胞移植技术^[6];构建了鲈鱼生长抑素基因的同源重组载体;建立了花鲈、真鲷、牙鲆、大菱鲆、漠斑牙鲆和星鲽等主要海水养殖鱼类细胞系十多个;初步建立了对虾和扇贝原代细胞分离与培养技术;对中国明对虾原代细胞培养进行了研究^[7];对凡纳滨对虾血淋巴、类淋巴细胞进行了培养;建立了鲤鱼尾鳍和吻端上皮细胞系,同时还进行了鲤鱼体细胞核移植的初步研究^[8-9];开展了日本对虾肝胰腺细

胞和血细胞原代培养的研究^[10]。

5. 在渔用基因工程产品和疫苗研制

采用 RT-PCR 方法从鲤鱼脑垂体获得了两种 GtH β 亚基的 cDNA^[11]; 采用 RT-PCR 技术从鲤鱼肠系膜脂肪组织中扩增出鲤鱼肥胖基因的 cDNA 编码序列^[12]; 克隆了真鲷抗菌肽 hepcidin 基因^[13]; 在家蚕中表达了 WSSV 病毒的 VP28 和 VP19 蛋白; 在大肠杆菌中表达 WSSV28 蛋白。

6. 在鱼类低温生物工程研究

建立了近 20 种海水鱼类精子冷冻保存技术和海水鱼类精子库, 达到产业化应用水平, 并应用冷冻精子进行了杂交育种实验。在海水鱼类胚胎冷冻保存方面取得突破性进展, 建立了海水鱼类胚胎玻璃化冷冻保存技术, 目前处于国际领先水平。

(二) 水产种质资源与育种

我国水产动物育种研究工作长期偏重于杂交育种, 相对在数量遗传、分子遗传及生物技术等方面的研究比较薄弱, 遗传育种和相关学科的交叉合作开展较少, 致使良种选育在深度、稳定性和系统性等方面同世界先进水平有较大距离, 投入生产应用的良种寥寥无几。

鱼类及多数水产动物的遗传基础相对复杂, 群体的生长性能依靠较高水平的杂和度来维持, 因此水产动物中近亲交配危害较大。通过遗传标记、形态标记或电子标记避免近亲交配进行鱼类及水产动物的新品种选育是“十五”和“十一五”水产动物育种研究的特点, 并取得了一些研究成果。

1. 海水养殖动植物的育种研究

“十五”国家 863 计划“海水养殖种子工程”重大专项抓住海水养殖缺乏优良品种这一关键开展相关研究, 对于确保海洋农业的优质、高效、健康和可持续发展起到了重要作用, 使我国这一重要产业在新世纪保持世界先进水平。海水养殖新品种选育实现了历史性突破, 培育出了我国第一个海水养殖动物新品种——“黄海 1 号”中国对虾, 并获得国家水产新品种证书; 构建了 21 个家系, 筛选出抗高氨氮家系 8 个, 抗高 pH 值的家系 10 个, 其中既抗高氨氮又抗高 pH 值的家系 5 个; 评估了“黄海 1 号”中国对虾生长 3 个月和 4 个月时的体长的狭义遗传力, 新品种具有腹节 1 长度和腹节总长度增加, 头胸甲宽度及腹节 1 宽度降低的特征; 对选育群体和家系进行了遗传分析, 初步构建了中国对虾遗传连锁图谱, 筛选出中国对虾家系间遗传标记, 建立了家系微卫星识别技术。在山东日照、昌邑和胶南建立了 3 个试验基地, 共培育出中国对虾养殖新品种的亲虾 5 000 尾, 健康虾苗 1.5 亿尾, 示范养殖 5 000 亩 (1 亩 = 0.066 7 ha)^[14]。

栉孔扇贝良种选育及苗种繁育技术研究专题培育出 1 个栉孔扇贝快速生长品系 G7, 生长速度提高了 38.4%, 成活率提高 8%; 培育出一个抗病家系 K2, 成活率提高 44.1%, 生长速度提高 9.7%; 筛选出一个栉孔扇贝和虾夷扇贝的杂种优势组合, 成活率达 95%, 生长速度比栉孔扇贝提高 23%; 建立了杂交苗种培育、养殖生产工艺和技术规范; 建立了杂交后代的鉴定技术。建立了栉孔扇贝雌核发育二倍体和四倍体育种技术路线。栉孔扇

贝快速生长品系已推广养殖面积 3 500 多亩;栉孔扇贝和虾夷扇贝的杂种优势组合在山东省累积养殖面积达到 5 000 多亩^[13]。另外,“大连 1 号”杂交鲍、“海大蓬莱红”扇贝、“东方 2 号”杂交海带和“荣福”海带等多个新品种问世,标志着海水养殖动物育种技术实现了历史性突破,使我国跻身于海水养殖生物育种的世界先进行列^[16-18]。

2. 淡水养殖动植物的育种研究

河蟹良种选育技术与示范专题选择长江水系河蟹良种 F2 代河蟹亲蟹 500 组,2 000 只;共繁育蟹苗 611.8 kg,计 9 800 万只;培育优质一龄蟹种 260 万只,产量提高 5%,完成了 F3 亲蟹的选育。建立了河蟹生态养殖示范基地,面积 5 000 亩,年产优质商品蟹 25 万 kg^[19]。

罗非鱼是一个重要的养殖对象,国家“十五”攻关计划对罗非鱼进行了连续 9 代的选育,获得了生长速度比基础群体提高 30%,遗传纯度达到 91.1%的罗非鱼新品种——新吉富罗非鱼。选育系已通过农业部新品种审定。该项选育工作建立了生长速度、尾鳍条纹平行清晰度、遗传纯度等复合性状的同步选育技术,研究了新吉富罗非鱼选育过程中表型和遗传型变异的同步性,以及该良种特有的分子遗传标记。该罗非鱼新品种已在全国 20 多个省、市、自治区推广应用,推广面积达 28 万亩。罗非鱼品种改良技术研究专题开展了奥利亚罗非鱼的人工繁殖;进行了奥利亚罗非鱼与鳊鱼的杂交,并获得了后代;开展了 F1 代群体的回交、自交配组,获得 F2 代 350 尾,F3 代 600 尾以上,建立了 2 个具有不同特性的选育群体;经多方面的分析,建立了杂交鱼性状评价方法^[20]。

团头鲂在原浦江 1 号(F6)基础上,继续系统选育,产生了 F8 和 F9,生长速度提高了 5%。研制产生了团头鲂同源和异源四倍体、三倍体和雌核发育自繁后代等 10 个育种试验材料,研究了它们的养殖性能、遗传特性、营养成分和性腺发育,为后续研究奠定了良好的物质基础。建立了上海水产大学鱼类育种实验站、上海松江国家级水产良种场、江苏太湖国家级团头鲂良种场等生产试验基地,年产“浦江 1 号”鱼苗 4 亿尾,夏花鱼种 3 000 万尾,亲鱼 3 000 组^[21]。

易捕鲤选育技术的研究专题选育出一个抗寒(自然越冬成活率达到 90%以上)、起捕率高(两网起捕率达到 85%以上)、生长速度快(比 F1 快 15%)的鲤鱼新品系——易捕鲤(F4);分析了易起捕和抗寒性状基因在后代中的分离与重组情况,建立了大头鲤、鲤和易捕鲤 F3 的 RAPD 图谱,获得 9 个与鲤鱼抗寒性状相关标记;初步选育出一个优质鲤鱼新品系,并对优质鲤鱼的肌肉品质和营养成分与柏氏鲤(大头鲤)和普通鲤进行了比较分析,表明其粗蛋白、谷氨酸、粗脂肪、EPA、DHA 均高于德国镜鲤和松浦鲤。进行易捕鲤大水面放养试验,经上、中、下 3 个水层挂网渔获物统计表明,易捕鲤活动水层主要为中上层。2004 年到 2006 年合计放养鱼苗 400 万尾,鱼种合计 50 余万尾。3 年回捕合计 8 410 kg;专题实施中建成了 3 个示范基地和 1 个大水面放养增殖中试基地^[22]。

虹鳟优良品系选育技术的研究专题通过电子标记技术对虹鳟进行系统选育,建立了 5 个基础群体、17 个选育群体、87 个家系;并对后代生存力及生产性能进行了比较,建立了选育系及亲本的表型值以及环境因子 SAS 数据库;确定 4 个优势选育系,生长速度较渤海品系提高 11.86%~35.30%;初步进行了选育一代与基础种群的雌雄异型比较;初

步对育种值进行了估计;建立了生产性状遗传关系模型 3 个^[23]。

银鲫快速生长新品系选育技术研究专题初步筛选获得了一个生长速度比 D 系异育银鲫快 10% 以上的新品系;比较分析了银鲫转铁蛋白和血细胞同工酶在银鲫雌核生殖克隆间的遗传异质性,发现银鲫 3 个不同克隆间转铁蛋白的多态性可能由 3 个等位基因编码;建立了 5 个可快速有效区分银鲫 5 个不同雌核发育克隆的 SCAR 标记;发现彭泽鲫与 A 系方正银鲫具有相似的转铁蛋白图谱和 RAPD 电泳图谱;对江苏省洪泽银鲫良种场的 91 尾银鲫亲本进行了分子标记分析,并从中鉴定出与克隆 A、D 和 F 不同的 10 个克隆,为育种选择提供了新的材料^[24]。

鲢鱼新品系选育技术研究专题应用综合育种技术,初步选育出 1 个快速生长的鲢鱼新品系(F3),其体重增长比普通人工繁殖快 22.7%;建立了 2 个人工雌核发育鲢选育系;获得了性成熟的转雄鱼(伪雄鱼);筛选出雌核发育鲢选育系特有的 RAPD 遗传标记;建立了鲢性别人工控制技术。建立了试验示范基地 3 处,保存了 2 个选育系鲢性成熟个体 500 多尾,平均体重 5~6 kg/尾,并繁育 2 个选育系鲢后代(F4)苗种 60 多万尾。鳙优良品系快速选育技术的研究专题建立了一套以一次单性发育与人工性别控制及分子标记选择配型的全新鱼类快速选育技术;培育了 4 个鳙雌核发育群体,获得正常雌核二倍体苗逾 2 000 尾;发现了 1 个耐低氧的鳙品系;对鳙雌核发育后代进行性别人工控制,获得了生理性雄鱼“伪雄鱼”,构建了纯系基本群;采用现代分子生物学技术,对鳙雌核发育后代的遗传标记进行了研究,筛选出了用于遗传配型选择的特有遗传标记^[25-26]。

全雌建鲤选育技术研究专题建立了全雌建鲤育种技术,并筛选出了与性别有关的 RAPD 标记和 AFLP 标记;培育出生长速度平均提高 15.7% 的全雌建鲤,人工转性成功率(雌转雄)达到平均 76.5%,并获得 630 尾“生理雄性”建鲤。建立了全雌建鲤基地 50 亩,累计生产全雌建鲤鱼苗 120 万尾,并示范养殖 220 亩^[27]。

3. 种质资源保护综合技术研究

另外,我国在世界上率先解决了半滑舌鳎室内亲鱼培养和人工育苗技术,突破了斜带石斑鱼亲鱼培育、生殖调控和种苗繁育关键技术,大黄鱼、军曹鱼、星鲷等一批名优海水养殖种类的育种和繁育也初具规模。在南美白对虾抗病毒品系选育、坛紫菜良种选育、菲律宾蛤仔养殖新品系培育、滩涂耐盐蔬菜海芦笋培育等方面也取得重要进展^[28-32]。

(三) 健康养殖技术

1. 健康养殖理论的研究不断深入

海湾系统养殖容量和规模化健康养殖技术获 2005 年国家科技进步二等奖^[33-34];研究了网箱养鱼的污染物输出特征,建立了污染物输出量评估模型^[35-38];揭示了浅海贝类筏式养殖系统的自身污染机制^[39-40];查清了大型海藻、有机降解菌、滤食性贝类和刺参在养殖系统中的生态作用^[41-43];研究了多种围栏生态防病模式,建立了以高位水池养虾为代表的 4 种对虾健康养殖模式和 3 种优化扇贝养殖环境的生态调控模式^[44-46]。

2. 综合养殖模式的建立和富营养化生物修复技术得到重视

建立了鱼藻、贝藻多元生态优化养殖模式^[42-47]。根据养殖容量估算结果、养殖水域

生态环境条件、养殖种类对营养的不同要求和生态互补特性,提出并完善了扇贝与海带、牡蛎与海带、鲍鱼与海带间养、套养等生态优化养殖模式。基于大型藻类的综合养殖和生物修复技术迅速发展^[48-52]。揭示了龙须菜、紫菜在鱼类和贝类养殖系统中的生物修复作用,为我国沿海省市海区环境污染的治理,加快发展海水养殖业,提供良好的示范和推进作用^[49-53]。

3. 滩涂贝类的健康养殖模式获得突破

以菲律宾蛤仔为代表的滩涂贝类养殖取得重要进展,通过理论和技术的系统集成,对菲律宾蛤仔的健康苗种培育与高效养殖模式进行了系统研究,突破了菲律宾蛤仔大规模培育、中间育成和海区养殖的历史性难题^[54]。

4. 深水网箱和工厂化养鱼发展迅速

海水集约化养殖在海水鱼类养殖业中已占有重要位置。目前,我国海水鱼类养殖基本形成“海陆接力”、“工厂与池塘接力”和“南有网箱,北有工厂化”的新格局,有效地推动了海水养鱼的高速发展。“十五”期间研究出了适合我国海域特点的四种类型深水抗风浪网,攻克了深海网箱高密度养殖关键技术,自行研制开发了多功能的深水抗风浪网箱设备,并已推广应用 2 000 多只,成为渔业结构调整的重要方向,实现了深水网箱养殖规模化、集约化和产业化。以大菱鲆为主导产业的工厂化带动了我国北方鱼类养殖的发展,尤其当突破了人工育苗关键技术和“温室大棚+深井海水”工厂化养殖模式推出以后,大菱鲆养殖迅猛发展,并且带动了其他鲆鲽类养殖,形成了一个规模化的大产业^[55-56]。

5. 重要养殖鱼类人工繁殖技术

我国的人工繁殖技术一直处于国际领先地位,“十五”攻关末期立项对多种有开发潜力或已经大规模养殖的野生品种的人工繁殖和育苗技术进行了系统的研究。目前,我国率先解决了半滑舌鳎室内亲鱼培养和人工育苗技术。突破了斜带石斑鱼亲鱼培育、生殖调控和苗种培育关键技术,大黄鱼、军曹鱼、星鲽等一批海水养殖种类的育种和苗种繁育技术日趋成熟。

鳎的人工繁殖技术一直是鱼类人工繁殖的难点,经过“十五”的攻关,鳎的催产率由国内一般的 30%~40% 稳定地提高到 90% 以上;幼苗出膜后第 8 天的存活率由不到 8.7% 稳定地提高到 50% 以上。第 15 天的存活率近 20%,目前最长存活时间为 19 天,并能稳定地重复每次的结果;初步发现了日本鳎幼苗开口的饵料以及幼苗的摄食方式;初步观察了幼苗摄食行为,并获得了摄食证据。

大鲵是我国珍稀特有的国家二级保护动物,其人工繁殖是一个国际性难题。在有关部门与企业的支持下,经过多年来几代研究人员的共同努力,我院长江水产研究所在大鲵研究方面取得了显著成绩,实现了大鲵全人工繁殖,为大鲵的产业化开发奠定了基础。

史氏鲟全人工繁殖及全雌化培育技术研究专题采用生态、生理和组织学等研究方法,基本掌握了史氏鲟的性腺发育特点,并建立了亲鱼提早成熟和提前产卵的温度控制方法,史氏鲟可提早 1~2 年成熟,产后隔一年再次成熟产卵;建立了亲鱼和后备亲鱼群体(6.6 万尾),建立了 2 种活体取卵技术,手术成功率可达 96% 以上;年繁殖史氏鲟苗种达到 332 万尾;实现了史氏鲟的全人工繁殖,催产率 96%,平均受精率 69.1%,孵化率