



海洋生物高技术新进展

——863计划海洋生物技术主题成果汇编

HAIYANG SHENGWU GAOJISHU

XIN JINZHAN

丁健 主编



海洋出版社

海洋生物高新技术新进展

——863 计划海洋生物技术主题成果汇编

丁 健 主编

海洋出版社

2006 年 · 北京

图书在版编目(CIP)数据

海洋生物高技术新进展:863 计划海洋生物技术主题
成果汇编/丁健主编. —北京:海洋出版社,2006. 5
ISBN 7-5027-6588-3

I. 海… II. 丁… III. 海洋生物-生物技术-科
技成果-汇编-中国 IV. Q178.53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 059426 号

策划编辑:陈茂廷
责任编辑:陈茂廷 高 英
责任印刷:刘志恒

海洋出版社 出版发行

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

(100081 北京市海淀区大慧寺路 8 号)

北京顺诚彩色印刷有限公司印刷 新华书店发行所经销

2006 年 6 月第 1 版 2006 年 6 月北京第 1 次印刷

开本: 889mm × 1194mm 1/16 印张: 12

字数: 228.4 千字 印数: 1~400 册

定价: 100.00 元

海洋版图书印、装错误可随时退换

《海洋生物高技术新进展》

编委会

主 编:丁 健

副主编:张元兴 吴常文

编 委(以姓氏笔划为序):

丁 健 刘 涛 张元兴 张巧显 张国范
吴常文 麦康森 陈省平 徐安龙 焦炳华

前 言

海洋是富饶的蓝色国土，也是珍贵的生物资源宝库。我国海洋生物经分类鉴定的有2万多种，占全球海洋生物种类的1/8，分属44个门，其中12个门是海洋所特有的。我国海洋国土面积约300万平方千米，大陆岸线1.8万千米，岛屿岸线1.4万千米。我国版图由于海域版图的加入而增加1/3，这些海域具有极其丰富的生物资源，开发利用这些资源对于经济的可持续性发展具有重要意义。

海洋生物技术是现代生物技术与海洋生物学相交叉的产物，是迅速发展中的新兴科学技术领域。该领域主要包括海水养殖种子工程、现代海水养殖技术、海洋生物特殊功能基因鉴定和利用技术、海洋生物活性物质开发与利用技术、海洋水产品高值化加工技术等。海洋生物技术是发展“蓝色农业”的基础，它将为人类更有效地开发海洋生物资源，从海洋中获得更多的食品、蛋白质、营养品、药物和特殊功能的生化制品等提供最重要的技术支撑，并产生巨大的社会和经济效益。海洋生物技术已成为新世纪各国竞相发展高新技术的重要战略组成部分。在海洋科技领域中，海洋生物技术问世时间相对较短，但所取得的长足进展和显示出的强大生命力已证明海洋生物技术是极其重要的高技术与产业前沿，沿海各国都认识到海洋生物技术在开发利用海洋生物资源中的重要作用，纷纷加大该领域投资和组织力量加强研究开发。

科技部自1996年启动实施863计划海洋生物技术主题以来，海洋生物技术发展驶入快车道。“十五”期间，国家863计划加大了对海洋生物技术主题的支持力度，并新设“海水养殖种子工程”重大专项，确定主题发展战略目标为：应用现代生物技术，重点选择海水养殖种子工程、海洋生物重要功能基因、海洋药物、海洋生物资源高值化与生物制品、滩涂资源开发、海水养殖病害控制、海水设施养殖与工程化诸方面进行研究，开发出一批优良养殖品种、诊断试剂、优质饵料以及海洋药物和生化制品、抗盐耐海水植物品种，建立产业化示范基地和研究开发技术平台，培养一批具有创新能力的学术带头人，造就一支高水平的科研队伍，形成我国海洋生物高技术创新体系。

针对我国当前海洋生物产业中存在养殖品种退化、病害严重、生物加工水平低等瓶颈问题，863计划海洋生物技术主题提出，重点发展关键性的海洋细胞工程、基因工程和生化工程技术，塑造新兴产业群，在统筹兼顾的同时重点突出和塑造海水养殖业、海洋药业、海洋生物加工业三大主导产业。根据这个总体思路，863计划海洋生物技术主题以“发展高科技、实现产业化”为导向，贯彻了五大发展战略：（1）国家重大利

益驱动战略。针对海洋生物技术发展中的重大关键技术,组织重点课题进行联合攻关,积极跟踪争前沿,发展优势拼领先。为国家海洋发展大计当先锋、创新路、绘宏图,为海洋生物技术进一步发展打基础、创条件、增后劲。(2)递进发展战略。以现有生产中的关键问题为突破口,以有一定基础和阶段成果的项目为重点,依次推进从基础研究到关键技术攻关再到产品开发的全过程。(3)共性关键技术关联发展战略。科研、开发、推广相衔接,科技、教育、生产相结合,以产中的共性关键技术开发带动产前、产后的技术配套服务。(4)市场导向战略。以市场为导向和动力,面向国际国内两大市场开展科研开发和推广,建立国家目标与市场需求相结合,突出国家目标的新机制。(5)系统设计、优势集成战略。按源头创新、技术平台、重大产品三个层次进行课题顶层设计,力争在技术、资源、人才、资金和管理等方面实现优势集成,鼓励陆地科学家加入海洋生物技术主题的研究开发。

广大海洋生物技术科技工作者坚持“在关键高技术上大胆突破,在产业化上显示水平”的方针,经过“十五”期间的共同努力,研发了一批具有自主知识产权的核心技术,培养了大批海洋生物技术骨干,获得了一批重要成果,为“十一五”海洋生物技术的进一步协调发展、持续高效利用海洋生物资源、发展海洋高技术产业奠定了坚实的基础。

中国对虾新品种树立海水养殖动物育种新标志,鱼虾贝藻育苗育种成果丰硕。4个新品种通过国家水产原种和良种审定委员会审定并获得新品种证书:“黄海1号”中国对虾新品种填补了我国海水养殖动物新品种的空白,“大连1号”杂交鲍新品种为我国鲍养殖业带来巨大经济效益,“海大蓬莱红”扇贝新品种给深受病害打击的扇贝养殖业带来生机,“荣福海带”新品种提高了养殖海带适温范围和经济效益。珠母贝、凡纳滨对虾、坛紫菜等十几个海水养殖动植物优良新品系已经大面积推广。这些创新性成果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动物育种的世界先进行列。在世界上率先实现了半滑舌鳎的全人工苗种繁育,斜带石斑全人工大规模育苗技术的突破形成了世界最大的斜带石斑养殖苗种市场,有力地促进了北方半滑舌鳎和南方斜带石斑养殖新产业的迅速形成。一批名特优良海水养殖种类的产业化昭示着我国海水养殖动物种苗繁育关键技术实现了跨越性发展,形成了符合我国海区特点的海水养殖种苗繁育技术体系。

海水养殖种子工程南北方基地初步建成,股份合作的运行机制大胆创新。在海水养殖种子工程基地建设中,坚持以项目开发规划基地建设、以机制创新带动基地建设的方针,通过创新技术体系的研发、示范、辐射和推广,促进了区域养殖结构调整和产业升级,树立了现代科技先导型渔业发展的有效模式。“海水养殖种子工程南方基

地”投资8 000多万元打造出具有南海特色的海洋经济动物种苗新技术研发中试平台,以两条鱼、两条虾为主攻目标,形成南方良种产业化基地。“海水养殖种子工程北方基地”以海水鱼类苗种培育为主攻方向,初步形成了北方鱼类苗种培育核心技术体系,取得了重大的经济效益和社会效益。

深水网箱开发应用形成规模,病害控制技术取得突破。自主开发的多功能深水抗风浪网箱设备经受了强台风考验,性能达到预期目标,已推广应用2 000多只,成为了我国渔业结构调整的重要方向。围绕大黄鱼深水网箱养殖的发展,逐步形成了“网箱设备—苗种繁育—中间培育—饲料加工—病害防治—网箱养殖—加工销售—环境保护”产业链,取得显著的经济和社会效益。在海水养殖鱼类疫苗和虾贝类免疫增强剂研制以及疾病综合控制等方面取得重要进展。海水鱼类减毒疫苗开发取得创新性突破,通过简单浸泡给药可获得3个月80%以上的免疫保护力,实现了疫苗产品100 L生物反应器规模的GMP中间试制。获得5个达到注册申报条件的亚单位疫苗。疫苗、免疫增强剂和微生态制剂的成功开发和推广为杜绝或减少消毒剂、抗生素的使用,实现无公害海水养殖和养殖业的可持续发展奠定了坚实的基础。

海洋天然产物和药物研究取得令人鼓舞的成绩,获得了一批药物先导化合物,部分进入临床前和临床研究。从300种重要海洋动植物和20 325株微生物中获得了1 687个活性化合物,其中新结构509个,获得强活性药物先导化合物近100个(其中3个已进入临床前研究);对5种强抗肿瘤活性化合物进行了半合成和结构优化研究,为进一步新药开发提供了药源保证。4个国家一类创新药物完成了Ⅰ期临床试验并进入Ⅱ期临床研究;1个一类新药完成临床前研究并已批准进入临床研究,2个一类新药完成临床前研究并已申报临床研究,6个基本完成临床前研究。上述工作展示出海洋创新药物发现—临床前研究—临床研究—新药申报各阶段全面蓬勃发展的良好态势。

海洋生物重要功能基因研究取得新的突破,奠定了我国在海洋生物功能基因研究方面的国际地位。从重要海洋生物中克隆了2 200个新基因,其中210个基因具有功能(包括97个药用功能基因,58个与生长发育、免疫和抗病相关以及工业用酶的功能基因),多个基因知识产权已技术转移到相关企业进行产业化开发;完成了国际上第一个极端嗜盐嗜碱古菌质粒pNB101的全序列测定及遗传学分析;建立了海洋聚胞藻(蓝藻)7 002表达载体;建立了具有中国特色的海洋生物功能基因研究开发技术平台和生物信息数据库。确立了我国在海洋生物功能基因研究方面的国际地位,为基因资源的进一步开发和利用奠定了基础。

海洋水产品加工高技术建成了工业化生产示范工程,并取得显著的社会和经济效益。开发的海带膜集成技术生产甘露醇已实现工业化生产,每吨甘露醇的生产成本降

低1 500元以上。开发的海藻抗逆增产素对农作物平均增产率10%以上,病毒病防治效果最高可达91%;开发的海洋寡糖抗植物病毒生物新农药防治烟草、棉花、辣椒、番茄、木瓜等作物病毒病的效果达77.9%,累计在全国推广500万亩以上。完成了海洋生物蛋白资源系列高值化产品的开发,建成年产500 t海鲜味食品添加剂的生产线。

海洋生物制品开发取得实质性进展,海洋酶制剂已实现产业化,海洋生物材料即将进入临床研究。海洋碱性蛋白酶、溶菌酶和脂肪酶3个品种已实现产业化,应用范围已扩大到洗涤、纺织加工、染整、消毒、食品加工等行业,并已启动实施了工业化生产。以甲壳质衍生物为主要原料,通过工艺加工,研制出了可降解、生物相容性好的角膜内皮细胞载体曲率膜片和骨支架材料,建立了角膜片和骨支架质量标准,进行了动物模型试验,表明对角膜缺损和骨缺损具有良好的修复作用。完成了全部临床前工作,已申请临床研究。

滩涂耐盐植物的研究与开发取得令人瞩目的成绩,“海芦笋”和“海英菜”获得了国家绿色食品和有机食品证书。在耐盐植物基因工程和细胞工程技术以及商品化繁殖技术等方面取得重要突破。通过资源筛选驯化获得了2种能耐全海水和6种耐1/3~1/2海水的蔬菜新(品)种(系)并实现了规模化种植,中试基地种植面积超过2 000亩,海水蔬菜累计种植面积已达万亩。注册了“晶隆牌海水蔬菜”商标,“海芦笋”和“海英菜”获得了国家绿色食品和有机食品证书。耐海水饲用甜菜的开发、海洋滩涂农业生态系统的集成技术以及海水种植-养殖系统的耦合和优化体系得以建立,为建立滩涂农业可持续发展新模式提供了有益经验。

从“十五”到“十一五”,我们对海洋生物技术的发展满怀希望,信心百倍。在新的历史发展阶段,海洋生物技术必将以发展海洋经济、服务人民健康的国家需求出发,全面贯彻海洋生物资源可持续利用和协调发展的理念,加快科技进步和产业拓展。可以期待,海洋生物技术研发的创新水平将全面提升,海洋生物技术产业的竞争力将不断提高,海洋生物技术将有更加美好的明天。

编 者

2006年2月

目 次

一、养殖生物遗传改良	(1)
中国对虾的遗传改良技术	(1)
养殖扇贝的遗传改良技术	(3)
皱纹盘鲍的遗传改良技术	(6)
杂色鲍的遗传改良技术	(8)
马氏珠母贝遗传改良技术	(9)
养殖大黄鱼品质改良育种技术	(11)
耐高温海带良种选育技术	(13)
坛紫菜良种选育技术	(15)
龙须菜遗传育种技术	(18)
 二、种苗繁育及其相关技术	(19)
石斑鱼生殖调控和人工繁育技术	(19)
养殖鲷类生殖调控和人工繁育技术	(22)
半滑舌鳎生殖调控和人工繁育技术	(23)
军曹鱼人工繁育与规模化育苗技术	(24)
鞍带石斑鱼人工繁殖与规模化育苗技术	(25)
斑节对虾规模化全人工育苗技术	(26)
文蛤大规模人工育苗技术	(29)
菲律宾蛤大规模人工育苗技术	(30)
西施舌大规模人工育苗技术	(33)
硬壳蛤人工高效育苗技术	(34)
牡蛎四倍体培育技术	(35)
重要海水养殖鱼类配子和胚胎低温保存技术及其种子库	(36)
海水仔稚鱼营养生理研究和微颗粒饲料开发技术	(38)
 三、病害控制与设施养殖	(39)
海水养殖鱼类细菌性疾病亚单位疫苗的研制与应用	(39)
海洋鳗弧菌减毒活菌疫苗的研制	(41)
牙鲆重大疾病早期诊断试剂盒与新型疫苗的研制	(43)
对虾病毒复合核酸探针和复合免疫检测技术	(45)
对虾和贝类非特异性免疫增强剂的研制与应用	(46)

工厂化大菱鲆养殖的疾病综合控制技术	(49)
深水抗风浪网箱的研制与养殖示范	(52)
深水抗风浪网箱的研制	(55)
近海网箱养殖设施的工程优化	(58)
重要海水养殖贝类苗种培育设施的工程优化	(61)
工厂化鱼类高密度养殖设施的工程优化	(65)
 四、海洋药物与药源	(68)
I 类抗动脉粥样硬化新药 916 的临床研究	(68)
I 类抗肿瘤新药 K-001 的临床研究	(69)
I 类抗脑缺血新药 D-聚苷酯的临床研究	(70)
治疗脑缺血海洋新药注射用脉通的临床前研究	(71)
I 类抗早老性痴呆新药 HSH-971 的临床前研究	(72)
I 类抗肝炎新药鲨鱼肝刺激物质 HSS 的临床前研究	(73)
I 类抗心律失常新药 A1998 的研究与开发	(74)
I 类抗肿瘤新药真菌多糖 YCP 的临床前研究	(76)
I 类镇痛新药芋螺毒素 SO3 的临床前研究	(77)
I 类治疗乙型肝炎新药海鞘醇的临床前研制	(78)
I 类抗肿瘤新药藻胆蛋白-雷普克的临床前研究	(79)
I 类抗癌新药 Philinopside A 衍生物的临床前研究	(80)
海洋药源动物大海马的大规模养殖技术	(81)
 五、海洋活性物质	(83)
海洋动植物中活性先导化合物的发现和优化	(83)
中国东南海微生物中活性先导化合物的发现和优化	(85)
海洋微生物中抗癌等活性先导化合物的发现和优化	(88)
海藻中抗肿瘤和治疗心血管疾病活性化合物的分离与鉴定	(90)
热带海洋微生物抗菌抗肿瘤活性物质合成菌的筛选	(92)
中国南海海绵抗肿瘤活性成分研究	(94)
 六、海洋生物制品与水产品加工	(96)
海洋新型酶的产业化技术	(96)
重组海洋几丁质酶生产几丁寡糖的研究	(98)
利用新型 β -琼胶酶制备系列高纯度新琼寡糖	(99)
海带综合利用新技术	(100)
海藻抗逆专用型增产素中试技术	(103)
海洋寡糖抗植物病毒生物新农药的研制	(105)

海洋生物蛋白资源的高值化加工技术	(107)
海水鱼类超低温速冻高值化技术	(109)
河豚毒素的海洋微生物高表达体系及其发酵技术	(111)
新型甲壳质衍生物在角膜、骨组织工程中的应用研究	(112)
七、海洋生物重要功能基因	(114)
海洋生物药用功能基因的研究与开发	(114)
对虾白斑杆状病毒功能基因组的研究与应用	(116)
海水鱼类虹彩病毒功能基因的鉴定及应用	(117)
合浦珠母贝生物矿化相关功能基因的研究与开发	(119)
石斑鱼生殖调控和胚胎发育重要功能基因的克隆与应用	(120)
对虾抗病相关基因的克隆与应用	(121)
对虾生长、性别决定和抗逆相关基因的克隆与应用	(123)
扇贝抗病重要功能基因的克隆与应用	(125)
牙鲆抗病重要功能基因的克隆与应用	(126)
八、滩涂耐盐植物	(127)
耐海水蔬菜新品种选育与规模化应用技术	(127)
耐盐饲用甜菜的培育与中试示范	(131)
滩涂海水种植—养殖系统技术与示范	(133)
滩涂海水灌溉农业技术与示范	(135)
九、海洋生物前沿技术探索	(138)
重要药源生物——海绵细胞团离体培养技术	(138)
海洋嗜盐古菌基因克隆表达系统的构建	(139)
海洋蓝藻基因组及功能基因组研究	(141)
海水养殖动物重要病原菌的蛋白组学研究	(142)
海洋特有原索动物功能基因的克隆和表达	(144)
尺寸可控的海洋多糖微球与微囊技术	(145)
花鲈胚胎干细胞培养和基因打靶的研究	(147)
盐地碱蓬耐盐新基因的克隆与鉴定	(149)
贝类生物反应器高密度育苗技术	(150)
海洋桡足类连续培养技术	(152)
应用基因芯片技术研究鲍杂交优势的分子机制	(153)
内源基因修饰育种新技术	(154)
转兔防御素基因小球藻高密度异养技术	(155)
海洋多糖药物药代动力学新方法的建立	(157)

深海适冷蛋白酶研究	(158)
海绵共生细菌种群结构分子诊断技术的建立	(159)
基于绿色荧光蛋白的均相荧光共振免疫检测法的建立	(161)
条斑紫菜孢子体表达序列标签研究	(162)
鲍贝壳生物矿化的分子机制研究	(163)
皱纹盘鲍四倍体培育新技术	(164)
小球藻转基因关键技术	(165)
牙鲆性别连锁 DNA 片段与肌肉生长抑制素基因的克隆	(166)
 十、基地与平台建设	 (167)
863 计划“海水养殖种子工程南方基地”	(167)
863 计划“海水养殖种子工程南方基地海南分基地”	(169)
863 计划“海水养殖种子工程北方基地”	(171)
海水养殖动植物种质保存与利用平台	(173)
海水养殖种苗培育技术标准平台	(174)
海洋生物功能基因研究平台	(175)
海洋天然产物活性筛选和评价平台	(176)
海洋药物研究开发平台	(177)
深海微生物研究平台	(178)

中国对虾的遗传改良技术

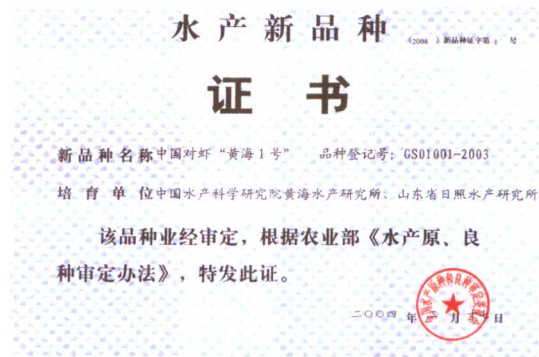
为了建立适合于中国对虾定向选种育种的技术方法，实现中国对虾的遗传改良，该课题采用分子标记筛选及辅助育种和基因工程育种等技术，开展了中国对虾的定向选择育种、优良品种培育和养殖技术工艺等研究，取得了重要进展。该课题于 2001 年正式启动，于 2003 年获得滚动支持，并于 2005 年 11 月通过了科技部组织的课题验收。该课题通过研究形成以下成果：

一、“黄海 1 号”中国对虾选育研究

采用健康养殖技术对中国对虾优良品种进行了种群筛选技术、全人工控制条件下的对虾种群延续保护技术、对虾苗种及养成技术和对虾种群隔离区的设计和建立技术等方面的研究，培育出我国第一个人工选育海水养殖动物快速生长新品种。选育完成的对虾养殖新品种“黄海 1 号”中国对虾已通过国家原良种审定委员会审定，品种登记号：GS01001-2003，已由中华人民共和国农业部公告第 348 号公布。截止到 2005 年，“黄海 1 号”中国明对虾已经推广辐射到山东、河北、江苏、天津和浙江等省市进行养殖，辐射推广养殖面积 1.5 万多亩。



“黄海 1 号”中国对虾



“黄海 1 号”中国对虾新品种证书

二、中国对虾抗 WSSV 的筛选育种及配套生产工艺

利用群体选育和家系选育技术，对抗白斑综合症病毒（WSSV）的中国对虾进行遗传改良，获得抗毒强的养殖群体，命名“即抗 98”；建立 WSSV 巢式 PCR 检测技术，

查明病毒垂直和水平传染的关键途径和载体；依据 WSSV 传播途径的调查资料，建立了抗 WSSV 中国对虾的苗种培育工艺和养殖工艺；“即抗 98”及其生产技术已在山东日照、潍坊、海阳、即墨和文登等地进行示范养殖，2003 年养殖辐射到江苏等地，总养殖面积达 2 万亩以上，生产的直接经济效益超过 200 万元以上；每年可培育 2 亿~3 亿尾对虾苗种，可供 2 万亩虾池养殖；可增加产值 2 000 万元以上人民币的收入。此外与对虾育苗和养殖业的发展有关的加工、饲料、运输、销售等生产环节也将得到发展，社会效益显著。



新品种养殖示范基地



新品种养殖示范基地

该课题国内发表论著 65 篇、国外 15 篇；申请发明专利 9 项（其中国外 1 项）、获得发明专利授权 7 项；培养博士后 2 名、博士 12 名、硕士 22 名；成果创产值 25 336 万元、创利润 10 596 万元、创税收 4 461 万元。

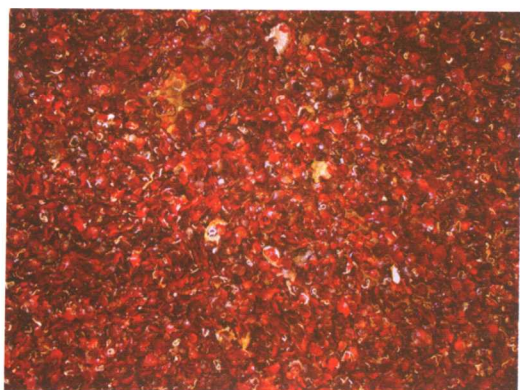
（中国水产科学研究院黄海水产研究所、中国海洋大学、日照市水产研究所、海阳市海珍品养殖厂）

养殖扇贝的遗传改良技术

针对目前扇贝养殖业中出现的种质退化、病害频发、养殖个体小型化等问题，为了给养殖生产提供生长快速，抗逆的扇贝新品种，该课题组应用常规育种技术和分子生物学技术相结合的手段，开展了扇贝杂交育种、选择育种和分子标记辅助育种等技术的研究，取得了重要进展。该课题于2001年正式启动，于2003年获得滚动支持，并于2005年11月通过了科技部组织的课题验收。

一、扇贝养殖新品种“蓬莱红”

在对栉孔扇贝多年强化选育的基础上，应用远缘杂交，雌核发育和横交固定等技术，



蓬莱红苗种

进而通过分子标记技术结合常规育种技术培育出高产抗逆的扇贝养殖新品种“蓬莱红”，该新品种壳色鲜红、高产抗逆，比常规养殖用种增产在35%~68%以上，死亡率降低30%以上。已在山东、辽宁和浙江等地中试养殖1万余亩，新增产值2亿余元，增加纯收入1.5万余元。“蓬莱红”扇贝高产抗逆、性状稳定，于2006年1月通过了全国水产原良种审定委员会评审。此外，为配合新品种开

发出了新型养殖模式（秋苗繁育养殖技术），由于采用高产品种和新的养殖模式，当年养成即可达到商品规格，不仅能提高效率，降低成本和风险，而且可使养殖扇贝达到商品规格前避开繁殖期，安全地度过7~9月份高温期，明显地提高经济效益。栉孔扇贝养殖是我国海水养殖的支柱产业，养殖面积达40万亩，年产量近100万吨，由于缺乏良种，病害频发，产业近年呈萎缩状态，高产抗逆新品种的推广对产业恢复意义重大。如在养殖生产中50%的养殖单位采用新品种，其增产、增收效果将在100亿元以上，社会效益



蓬莱红与自然苗对比

显著。

二、高产栉孔扇贝与虾夷扇贝远缘杂交种培育技术

应用远缘杂交技术培育出高产抗逆的栉孔扇贝与虾夷扇贝杂交种。应用选择育种获得高产栉孔扇贝家系，研究了两种亲贝的性腺同步发育技术、克服了远缘杂交的生殖隔离问题，并掌握杂交子一代苗种培育技术，培育出具有抗逆、高产特性的远缘杂交子一代。与普通生产用种相比较，杂种适温范围提高 2 ℃，在高水温季节，成活率达 94.7%，生长速度提高 23.1%；共培育大规格（5 mm）稚贝 2.5 亿粒养殖 2 000 余亩。该杂交组合的杂种子代具有较好的杂种优势，在生长速度和抗逆性方面优于目前养殖种类，推广前景广阔。

三、栉孔扇贝良种培育体系与新型育种技术

选育、建立了栉孔扇贝的不同群体、品系和家系共计 18 个（其中栉孔扇贝 17 个）。栉孔扇贝 CDS5 选育系（母本）已经过了 9 代选育，PLHIB 群系已经过了 5 代选育，为进一步开展扇贝的遗传育种研究打下了基础。建立了一系列具有海洋贝类育种特点的育种技术，在选育的策略上，针对扇贝育种材料主要为野生群体，制定了针对目标群体，先混合选择再个体选择的综合选择策略；建立了超强选择结合分子标记聚类选择技术，既在表型性状选择的基础上，应用分子标记聚类分析技术，再选择基因型一致性高的同质亲本，保证了选育的亲贝性状的一致性和稳定性，发展了分子标记辅助育种技术；建立了栉孔扇贝叠代逐年选育技术，缩短选择周期，加快育种进程，降低成本风险；通过远缘杂交诱导雌核发育快速地纯合基因型，从而将有害基因除去，然后通过横交固定使“蓬莱红”的高产抗逆性状更突出、更稳定，创立了一套栉孔扇贝育种的新技术路线。



选育十代的 CDS5 品系



扇贝新品系养殖示范推广

四、扇贝遗传育种理论

在扇贝育种理论和技术方面取得重要突破,开发了贝类早期担轮幼虫微量 DNA 的 AFLP 分析技术和单精子 PCR 技术;建立了应用于贝类遗传分析的 GISH 技术;开发了几百个栉孔扇贝、华贵栉孔扇贝、虾夷扇贝和海湾扇贝 SSR 分子标记,完成标准 SSR 位点的种质鉴定、遗传结构分析的评价技术;贝类遗传图谱快速构建方法,在国际上率先完成了栉孔扇贝的 AFLP 连锁图谱;发现了远缘杂交扇贝一方亲本丢失和修饰异缘染色体维持自身基因组稳定的特殊遗传学现象“弃异雌核发育”和多基因家族 ITS 基因转化的分子机理;通过 ITS 序列的染色体定位,发现了扇贝进化中染色体融合的证据。在扇贝遗传育种学的研究上引起了国际同行的关注。

该课题发表和已被接收论文 39 篇(其中 SCI 源 9 篇、EI 源 7 篇,国际会议 2 篇);申报专利 16 项(包括 1 项国际专利);编制种质标准和规范 6 个;获得 2005 年国家海洋局创新成果一等奖 1 项;培养博士生 6 名、硕士生 9 名;该课题创产值 11 060 万元、利润 8 820 万元。

(中国海洋大学、中国水产科学研究院黄海水产研究所、烟台开发区常飞海珍品育苗有限公司、荣成海珍品育苗有限公司)