



中国工程院咨询研究项目

中国水产种业创新驱动 发展战略研究报告

唐启升◎主编



科学出版社

中国工程院咨询研究项目

中国水产种业创新驱动 发展战略研究报告

唐启升 主编

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书以加快提升我国现代水产种业科技竞争力为目标,针对当前水产种业及种业科技现状和未来发展趋势,研究分析了我国水产种业及种业科技发展的重大需求,提出了未来10年我国水产种业科技发展的总体思路、重点任务、种业科技力量和产业布局、产业技术体系运行机制及保障措施,为今后我国水产种业和科技工作的发展提供重要战略依据,支撑我国水产养殖业可持续发展。

本书是2013年中国工程院“中国水产种业创新驱动发展战略研究”咨询研究项目,旨在系统规划未来我国水产种业技术和产业的发展蓝图。可供从事水产种业的行业管理、科技、教学人员,以及相关专业学生和水产种业企业人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国水产种业创新驱动发展战略研究报告 / 唐启升主编. —北京: 科学出版社, 2014.11

ISBN 978-7-03-042064-0

I. ①中… II. ①唐… III. ①渔业经济-经济发展战略-研究报告-中国 IV. ①F326.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第227418号

责任编辑: 李秀伟 白 雪 / 责任校对: 胡小洁
责任印制: 赵德静 / 封面设计: 北京铭轩堂广告设计有限公司

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2014年11月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2014年11月第一次印刷 印张: 7 1/4

字数: 110 000

定价: 68.00元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

《中国水产种业创新驱动发展战略研究报告》

编 委 会

主 编：唐启升

副主编：刘英杰

编 委：林浩然 管华诗 赵法箴 徐 洵 雷霖霖 麦康森
桂建芳 张显良 张国范 包振民 王清印 江世贵
邹桂伟 白俊杰 刘汉勤 孔 杰

“中国水产种业创新驱动发展战略研究”

课题组成员名单

咨询专家组

| | | |
|-----|-----------------|----|
| 唐启升 | 中国工程院院士 | 组长 |
| 管华诗 | 中国工程院院士 | 成员 |
| 赵法箴 | 中国工程院院士 | 成员 |
| 林浩然 | 中国工程院院士 | 成员 |
| 徐 洵 | 中国工程院院士 | 成员 |
| 雷霖霖 | 中国工程院院士 | 成员 |
| 麦康森 | 中国工程院院士 | 成员 |
| 桂建芳 | 中国科学院院士 | 成员 |
| 张显良 | 中国水产科学研究院院长、研究员 | 成员 |

实施专家组

| | | |
|-----|------------------------|----|
| 刘英杰 | 中国水产科学研究院副院长、研究员 | 组长 |
| 张国范 | 中国科学院海洋研究所副所长、研究员 | 成员 |
| 包振民 | 中国海洋大学海洋生命学院院长、研究员 | 成员 |
| 王清印 | 中国水产科学研究院黄海水产研究所研究员 | 成员 |
| 江世贵 | 中国水产科学研究院南海水产研究所所长、研究员 | 成员 |

| | | |
|-----|-------------------------|----|
| 邹桂伟 | 中国水产科学研究院长江水产研究所所长、研究员 | 成员 |
| 白俊杰 | 中国水产科学研究院珠江水产研究所副所长、研究员 | 成员 |
| 刘汉勤 | 水利部中国科学院水工程生态研究所研究员 | 成员 |
| 孔 杰 | 中国水产科学研究院黄海水产研究所副所长、研究员 | 成员 |
| 庄志猛 | 中国水产科学研究院黄海水产研究所研究员 | 成员 |
| 高 磊 | 中国水产科学研究院副研究员 | 成员 |
| 王 书 | 中国水产科学研究院副研究员 | 成员 |
| 阙华勇 | 中国科学院海洋研究所研究员 | 成员 |
| 刘 慧 | 中国水产科学研究院黄海水产研究所研究员 | 成员 |

PREFACE 前言

我国是世界第一大水产品生产与消费国，水产种业作为现代渔业发展的第一产业要素，是确保水产品有效供给和国民优质动物蛋白供应的重要物质基础。从世界范围来看，科技创新已成为提升种业核心竞争力的主要源泉和动力。改革开放以来，我国水产种业科技虽然取得了长足进步，但种质资源挖掘能力弱、突破性品种少、规模化种苗生产技术滞后、全产业链科技创新衔接不紧密等问题制约着水产种业的持续快速发展。

2013年中国工程院启动了“中国水产种业创新驱动发展战略研究”咨询研究项目，旨在系统规划未来一个时期我国水产种业的技术和产业发展蓝图。项目组围绕创新驱动水产种业发展面临的战略性、前瞻性和基础性问题，全面认识和把握现代渔业科技的发展趋势，系统梳理了我国水产种业发展取得的成就，从科技创新能力、产业运营模式和公共支撑保障体系等角度详细分析了产业核心竞争力提升的制约因素。在此基础上，为推动实现跨越式发展，研究提出了从2013年起至2030年我国水产种业和科技发展的总体思路与发展目标，明确了“现代水产种业示范工程”、“水产种质保存与评估工程”及“水产种业提升工程”等三大重点任务。在种业体系建设方面，综合考虑产业优势、研发基础和发展潜力，选择罗非鱼、四大家鱼、对虾、鲆鲽类、贝类和淡水主要优质鱼类等品种实施现代种业创新与示范工程，构建以品种为单位，覆盖基础性公益性研究、新品种培育、苗种扩繁和市场化推广及种质测试评估、公共服务平台构建等全产业链条的现代种业体系，实现水产种业率先走向世界的宏伟目标。在水产种业可

持续发展方面，提出了水产种质保存与评估工程，进一步提高我国水产种质资源保存、创制和遗传资源挖掘能力。在水产能力提升方面，提出了水产种业提升工程，全面提高水产种业标准化、信息化、装备现代化水平和产业竞争力。同时，为保证现代水产种业体系发展战略的顺利实施，从保障措施和政策法规等方面提出了加快水产种业体系建设、加强科技创新和完善有利于水产种业发展的政策措施等建设性的意见与建议，为今后我国水产种业和科技创新工作发展提供了重要依据。

本书在编写过程中得到了中国工程院农业学部的支持，并得到相关领域专家学者的鼎力相助，在此一并表示衷心感谢。由于时间有限，书中难免有疏漏和不足之处，敬请读者批评指正。

编者

2014年6月

CONTENTS 目录

前言

第一章 国内水产种业发展现状、趋势及需求分析 / 001

一、水产种业的关键技术储备与发展趋势 / 002

(一) 种质保存技术 / 002

(二) 育种技术 / 003

(三) 良种扩繁技术 / 007

二、水产种业发展现状与发展趋势 / 009

(一) 良种的培育现状 / 010

(二) 水产原、良种体系 / 013

(三) 产业布局 / 017

(四) 典型案例分析 / 024

三、水产种业发展需求分析 / 032

(一) 战略需求 / 032

(二) 科技发展需求 / 035

(三) 现代产业发展需求 / 039

第二章 国外水产种业与科技发展现状、趋势 / 045

一、国际水产种业发展概况 / 046

(一) 水生种质资源利用情况 / 046

(二) 优良品种是养殖业健康持续发展的关键因素之一 / 046

二、国际水产育种技术的研发趋势 / 050

(一) 以BLUP遗传评估为核心的常规育种技术在水产领域快速得到应用 / 051

(二) 分子标记辅助育种与全基因组选择育种技术方兴未艾 / 051

(三) 基于组学信息及分子设计等理念的育种新技术 / 052

(四) 细胞工程育种和性控育种 / 053

(五) 基因工程育种技术 / 054

三、国际水产种业发展历程和经验对我国的启示 / 055

(一) 国际水产种业发展的主要经验 / 055

(二) 国际水产种业发展对我国相关产业的启示 / 055

第三章 我国水产种业发展存在的问题及原因分析 / 059

一、创新能力不足，技术体系建设尚处于起步阶段 / 060

(一) 研究力量分散，高层次人才不足 / 060

(二) 水产育种基础研究薄弱 / 061

(三) 育种理论与技术体系不完善 / 062

(四) 落后的苗种生产方式是影响水产养殖业持续健康发展的突出问题 / 063

二、现代化种业运营模式和产业体系亟待建立 / 063

(一) 市场化背景下水产原、良种繁育体系有待完善优化 / 063

(二) 以企业为主体的商业化种业新机制尚未形成 / 064

(三) 良种对增产的贡献率有待提高 / 066

| | |
|-------------------------------|--|
| 三、种业支持保障体系有待完善 / 066 | |
| (一) 公共财政对水产种业的投入有待加强和优化 / 066 | |
| (二) 水产良种补贴制度亟待建立 / 067 | |
| (三) 政策扶持方式有待拓展 / 068 | |
| (四) 水产种苗的市场准入门槛低和市场监管缺位 / 068 | |
| (五) 良种的知识产权保护缺失 / 068 | |
| | |
| 第四章 水产种业发展战略及发展目标 / 071 | |
| 一、发展战略 / 072 | |
| 二、发展目标 / 072 | |
| (一) 总体目标 / 072 | |
| (二) 分阶段目标 / 073 | |
| | |
| 第五章 近期水产种业发展的重点任务 / 075 | |
| 一、现代水产种业示范工程 / 076 | |
| (一) 罗非鱼现代种业创新与示范 / 076 | |
| (二) 四大家鱼现代种业创新与示范 / 078 | |
| (三) 对虾现代种业创新与示范 / 081 | |
| (四) 鲆鲽类现代种业创新与示范 / 083 | |
| (五) 贝类现代种业创新与示范 / 084 | |
| (六) 淡水主要优质鱼类现代种业创新与示范 / 086 | |
| 二、水产种质保存与评估工程 / 088 | |
| 三、水产种业提升工程 / 090 | |

第六章 保障措施与政策建议 / 095

一、加快水产种业体系建设和机制创新 / 097

(一) 做好全国水产种业发展的顶层设计 / 097

(二) 完善水产良种选育、扩繁和推广体系 / 097

(三) 加快研究并推进水产育种的南繁育种基地建设 / 097

(四) 利用国内外两种创新资源, 快速提升育种水平 / 097

二、加强科技创新, 夯实产业发展基础 / 098

(一) 实施现代种业人才培养工程, 培育适应时代发展的种业人才 / 098

(二) 加强基础理论和前沿技术研究, 构建现代育种技术体系 / 098

(三) 围绕产业发展需求, 调整优化育种目标 / 098

(四) 凝聚创新资源, 提高科研产出效率 / 099

三、完善有利于水产种业发展的政策措施 / 099

(一) 按照战略性新兴产业的标准推动水产种业的发展 / 099

(二) 大力推进新品种知识产权保护和商业化运作工作 / 099

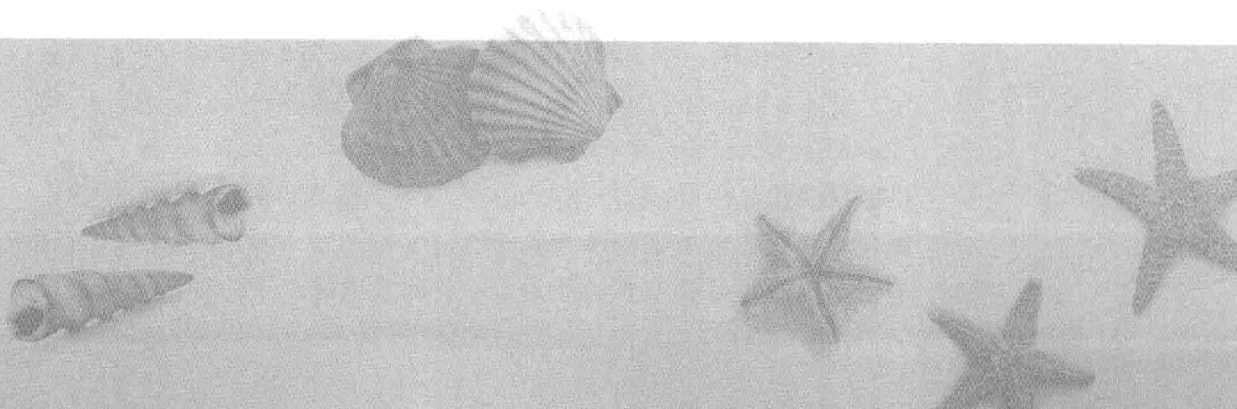
(三) 逐步建立多元化的水产种业投入机制 / 100

参考文献 / 101

第一章

国内水产种业发展现状、 趋势及需求分析

- 水产种业的关键技术储备与发展趋势
- 水产种业发展现状与发展趋势
- 水产种业发展需求分析



对于我国水产养殖产业来说，水产种业还是一个新概念。从功能上分析，一个完整的种业包括品种培育系统和扩繁推广系统。前者包括种质资源及育种技术，后者包括良种生产配套设施及相关生产配套技术。

一、水产种业的关键技术储备与发展趋势

种质保存技术、育种技术及良种扩繁技术是种业的三大关键技术。相比较而言，种质保存技术的研究成果较多，有些技术已经应用于重要种质资源的保存与保护中。育种技术是我国研究最多、储备的技术种类最丰富的技术。从个体水平、细胞水平到分子水平，为我国水产种业的发展奠定了较好的基础。三大技术中最薄弱的技术是良种扩繁技术。由于我国水产原、良种体系是基于“野种家养”的生产方式建设，种苗的扩繁技术基本局限于简单的苗种培育、苗种养殖等技术层面，良种扩繁的配套技术空白点较多。

（一）种质保存技术

开展水产物种种质保存的研究，不仅可以保护水产物种种质资源和生物多样性，而且也是对水产种质资源进行有效开发和利用的前提条件。目前水产物种种质保存包括分子（DNA）保存、细胞保存和活体保存等。其中，DNA保存按照技术难易程度分为基因组DNA保存、基因组文库保存、cDNA文库保存、DNA芯片保存；细胞保存一般可分为配子保存、胚胎保存、细胞系保存；而活体保存，按水产物种生长环境不同可分为就地保护和易地保护。

DNA保存大多数建立在基因文库构建的基础上，可以直接在分子水平上有目的地保存一些特定的性状。所有种质保存的研究技术中，鱼类精子冷冻保存技术研究最多，应用也较广泛。20世纪90年代我国建立了第一个鱼类冷冻精液库，保存的鱼类精液包括“四大家鱼”及团头鲂（*Megalobrama amblycephala*）、鲤（*Cyprinus carpio*）、鲫（*Carassius auratus auratus*）、银鲫（*Carassius auratus gibelio*）等8个种类，目前我国已对131种鱼类或地理群体的海、淡水鱼类精子进行了冷冻保存。我国在鱼类细胞系方面的研究工作则始于20世纪70年代，其中主要以淡水鱼类细胞培养为主。目前我国建立了31种鱼类或地理

群体的海、淡水鱼类细胞系。细胞保存技术的另一个典范是藻类配子体的保存技术，目前已基本实现了海藻种质的人工室内保存。活体保存也称个体保存，在水产物种种质资源保护和利用上，按水产物种生长环境不同可分为就地保护和易地保护两种方式。经过几十年发展，到目前为止，活体保存的水生物种已达 731 种。

（二）育种技术

我国是世界上最早开展水产选择育种技术研究的国家。其中群体选择技术是研究最早、使用最广泛的技术之一，我国科学家利用此技术培育出多个鱼类养殖新品种。在2000年以后，我国引进并建立了多性状复合技术，近10年的时间，迅速在多个养殖品种推广应用。选择育种技术层面已经进入世界先进国家的行列。细胞工程育种技术及分子育种技术是相对新颖的技术。自20世纪60年代以来，我国科学家已经研究发展多种细胞工程育种技术并取得了系列研究成果。在分子生物学技术方面，已经对分子辅助育种技术、全基因组育种技术等进行探索和研究，初步建立了相关的技术体系，其应用研究有望在近期取得突破性进展。

1. 选择育种技术

选择育种是育种工作中最基本的手段，利用数量遗传学的原理和方法，在群体中根据一定的留种率（选择强度）留取性能优良的个体，在限定的近交水平下设计配种方案，持续多代定向选择，将分散在多个个体中的优良基因不断富集到少数育种核心群个体中，育种目标性状的遗传进展不断提高，最终达到育成新品种（新品系）的目的。

选择育种作为遗传改良的一种重要方法，在水产动物选择选育中得到了广泛应用。在我国，选择育种在以鲤鱼为代表的淡水养殖业和以中国对虾为代表的海水养殖业新品种培育和遗传改良中起到了重要作用。通过群体选择、家系选择相结合的方法，培育出了以兴国红鲤（*Cyprinus carpio* var. *singuanensis*）和荷包红鲤（*Cyprinus carpio* var. *wuyuanensis*）为代表的生长速度快的鲤鱼新品种。通过群体选择，培育出了我国第一个人工选育海水养殖动物快速生长新品种中国对虾“黄海1号”。然而，群体选种在多代选择后性状会出

现近交衰退现象，遗传进展降低，难以保持育种项目的可持续性。

国内水产动物基于最佳线性无偏预测法（BLUP）育种的研究处于起步和完善阶段，具有很大的发展空间和潜力。中国水产科学研究院黄海水产研究所经过引进、消化吸收和自主创新建立了“水产动物多性状复合育种技术”，实现了水产育种技术的升级换代。水产动物多性状复合育种技术已推广到中国对虾、罗氏沼虾、大菱鲂、牙鲆、斑点叉尾鲟、罗非鱼、日本对虾和扇贝等多个养殖种类的新品种培育，并于2008年成功培育出中国对虾新品种“黄海2号”，2009年培育出罗氏沼虾新品种“南太湖2号”。

2. 杂交育种技术

杂交育种是动植物生产中的一种主要方式，基本方法是充分利用种群间的互补效应，尤其是杂交优势。所谓杂交优势，是指不同种群杂交所产生的杂种，其生活力、生长势和生产性能在一定程度上优于两个亲本种群的平均值。杂交优势产生的机制不清楚，主要有显性假说、超显性假说和遗传平衡学说等。在水产养殖中，杂交育种有两种方式：种内杂交和种间杂交。水产动物杂交研究的范围比较广，在鱼类、虾类、蟹类、贝类和藻类中都有报道。

水产动物的杂交报道以鱼类最多。我国自20世纪50年代末开始进行了大量的鱼类杂交试验。据不完全统计，迄今共做了至少112个杂交组合，主要涉及3个目（鲤形目、鲈形目、鲑形目）7个科（鲤科、鲴科、丽鱼科、鲷科、鲈科、胡子鲇科、鳊科）共40多种鱼类，其中大多数是鲤科不同亚科之间及同一种亚科不同属之间的杂交。许多远缘杂交组合都具有明显的杂交优势，种内杂交以鲤鱼不同品种间杂交的效果最好。

虾类杂交的研究报道较少，也没有培育出生产上有利用价值的杂交品种。多数以养殖群体与野生群体杂交的杂交优势比较高，野生群体间杂交多数不能表现出杂交优势。种间杂交的受精率和孵化率均较正常种内交配时低，杂种后代的形态特征、生长发育速度大多为父、母本的中间型。

蟹类杂交育种目前仅限于种内杂交，主要是利用不同地理种群野生种进行杂交。三疣梭子蟹不同地理种群间正反杂交表明，杂交种在生长性状及存活率上存在一定程度的杂交优势。

贝类中,中国海洋大学培育的“蓬莱红”栉孔扇贝新品种即将栉孔扇贝与华贵栉孔扇贝远缘杂交,再结合选择育种策略培育而成。中国科学院海洋研究所将分布于日本太平洋沿岸水域与我国黄渤海水域的两个地理生殖隔离的皱纹盘鲍群体进行杂交,后代产生明显杂交优势,性状稳定。在此基础上培育出“大连1号”杂交鲍,使杂交鲍养殖区从黄海北部向南扩展。目前我国养殖的皱纹盘鲍主要是杂交鲍。

藻类杂交育种以海带中培育品种最多,通过种内或种间杂交,目前已培育成“荣海1号”、“荣福”、“东方2号”、“东方3号”等近10个杂交品种。

3. 细胞工程育种技术

细胞工程育种技术是在细胞和染色体水平上进行遗传操作改良品种的育种技术,是近年来的研究热点之一。水产生物的细胞工程育种技术研究,目前主要有多倍体育种、雌核发育、性别控制、细胞融合及核质杂交(核移植)等。

多倍体育种技术主要是通过人工调控受精或染色体分裂条件使目标物种的染色体倍性发生变化、改变目标物种的性状从而达到品种改良的目的。在养殖生产上,诱导三倍体的主要目的是利用三倍体的不育性产生的生长优势。我国水产养殖生物细胞工程育种技术的研究今后应集中突破四倍体的诱导和培育技术,实现四倍体和二倍体杂交获得三倍体的产业化目标。

人工诱导雌核发育就是用遗传失活的精子激活卵子后,再通过抑制受精卵的极体排出或第一次卵裂而发育成子代的一种特殊的有性生殖方式。雌核发育最大的优势表现在快速建立鱼类纯系,稳定杂交优势及提高选择效率。代表成果为异育银鲫、建鲤、鲢鱼的雌核发育和史氏鲟的全雌化培育等。异育银鲫具有明显的生长优势,目前已在全国推广养殖。自此,雌核发育研究从实验阶段进入使用阶段,现已在草鱼、鲢、鲤、鲫、罗非鱼、泥鳅、真鲷、金鱼、大麻哈鱼、非洲鲇和虹鳟等获得了雌核发育鱼,并提出了一个通过雌核发育结合人工控制性别快速建立鱼类纯系的技术途径。

性别控制技术是采用生物技术或其他相关技术手段,人为控制养殖动物的性别,在同样条件下,就可以达到提高产量、增加效益