

水产营养需求与饲料配制技术丛书

# 冷水鱼

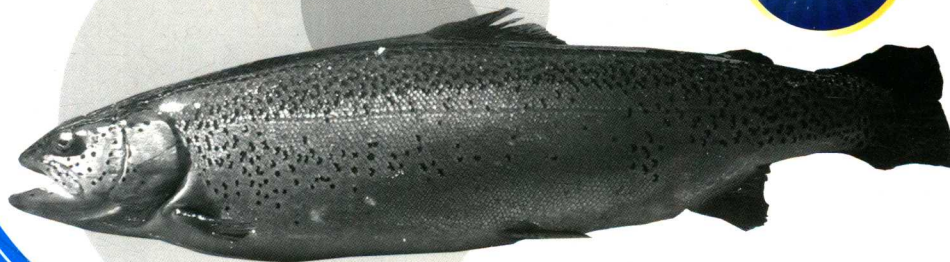


## 营养需求与饲料配制技术

徐奇友 主编 王常安 王连生 副主编

LENGSHUIYU  
YINGYANG XUQIU YU  
SILIAO PEIZHI JISHU

水产养殖  
必备书籍



化学工业出版社

水产营养需求与饲料配制技术丛书

# 冷水鱼



## 营养需求与饲料配制技术

徐奇友 主编 王常安 王连生 副主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书介绍了我国冷水性鱼类的分类地位、地理分布、生物学特性、生态习性及其养殖概况；系统地阐述了鲟鱼、虹鳟和哲罗鱼等冷水性鱼类的食性和摄食特点，重点编写了冷水鱼类对蛋白质、脂肪、糖类、能量、维生素和矿物质的营养需求特点，饲料配方设计原理，典型饲料原料及配方，饲料加工技术，投喂技术以及养殖过程中的关键技术等内容。附表中列出了饲料原料的营养价值。本书理论联系实际，突出实用性，深入浅出，汇集了冷水性鱼类营养和饲料配方以及投喂技术的新理论、新技术和新成果。

本书可为从事水产养殖及水产配合饲料研究与开发的科研人员、生产人员和技术人员提供参考。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

冷水鱼营养需求与饲料配制技术/徐奇友主编.  
北京: 化学工业出版社, 2015. 12  
(水产营养需求与饲料配制技术丛书)  
ISBN 978-7-122-25846-5

I. ①冷… II. ①徐… III. ①冷水性鱼类-鱼类  
养殖-动物营养②冷水性鱼类-鱼类养殖-配合饲料  
IV. ①S963.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 299122 号

---

责任编辑: 漆艳萍  
责任校对: 宋 玮

装帧设计: 韩 飞

---

出版发行: 化学工业出版社  
(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)  
印 刷: 北京云浩印刷有限责任公司  
装 订: 三河市瞰发装订厂  
850mm×1168mm 1/32 印张 8 $\frac{3}{4}$  字数 210 千字  
2016 年 2 月北京第 1 版第 1 次印刷

---

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686)  
售后服务: 010-64518899  
网 址: <http://www.cip.com.cn>  
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

---

定 价: 28.00 元

版权所有 违者必究



## 丛书编写委员会 ④

主 任 张家国  
副主任 周嗣泉  
委 员 敬中华 冷向军 刘立鹤  
        聂国兴 潘 茜 余登航  
        徐奇友 张家国 周嗣泉

## 本书编写人员名单

主 编 徐奇友  
副主编 王常安 王连生  
参 编 (按姓氏笔画为序)  
        马国军 谷 伟 张永泉  
        宋芳杰 吴俊光 李晋南



· FOREWORD ·

## 前言

冷水鱼营养需求  
与饲料配制技术

在优质水产养殖品种中，鲑鳟鱼最具代表性。我国鲑鳟鱼养殖始于 20 世纪 50 年代末，现有大小养殖场超过千家，主要分布在三北（东北、西北、华北）和西南等冷水资源丰富的山区。在传统“四大家鱼”养殖效益低的冷水水域，鲑鳟鱼养殖已经形成了产业规模，在促进当地经济发展中发挥着积极的作用。鲑鱼更是鱼中珍品，食用价值极高。我国鲑鱼养殖发展迅速，产量已占世界总产量的 70%。在国际上享有盛誉的鲑鱼籽酱在欧美是国宴珍品，素有“绿宝石”之称。我国鲑鱼籽酱产量也迅速增加，2012 年鲑鱼籽酱年产量 30 吨，其中 95% 出口到国际市场。

虽然以虹鳟和鲑鱼为代表的冷水鱼养殖在我国迅速发展，但关于其营养与饲料方面的研究却相对滞后。由于我国水产养殖动物营养研究和配合饲料开发起步晚，科研投入不足，饲料加工设备的要求高、投入大等原因，造成冷水鱼饲料业滞后于其他水产养殖动物饲料业的发展，是唯一每年还需要大量进口国外产品的饲料品类。为提高我国冷水鱼营养与饲料理论水平，促进本行业科技进步，在借鉴国外相关理论研究成果和生产实践经验的基础上，结合我国在此领域的最新研究成就，作者编写了此书。本书重点介绍了虹鳟和鲑鱼营养需求，饲料配制技术，科学投喂技术等方面的内容。对哲罗鱼、大西洋鲑、红点鲑等冷水鱼营养与饲料也分别予以介绍。本书主要适用于冷水鱼配合饲料加工者、技术人员和养殖业主阅读，

试读结束：需要全本请在线购买：[www.ertongbook.com](http://www.ertongbook.com)

也是科研人员的重要参考资料。

本书第一章由徐奇友和谷伟编写；第二章由王常安、王连生和徐奇友编写；第三章由李晋南、徐奇友、王连生、王常安、宋芳杰和吴俊光编写；第四章由王常安和王连生编写；第五章由马国军、谷伟、张永泉、徐奇友和王连生编写。此外，中国水产科学研究院黑龙江水产研究所相关科研人员也提出了宝贵意见，在此我们表示衷心的感谢。

鉴于编者水平有限，时间仓促，书中难免有不妥和遗漏之处，恳请读者批评指正。

编 者



· CONTENTS ·

# 目录

冷水鱼营养需求  
与饲料配制技术

## 第一章 冷水鱼养殖概述

- 一、我国冷水鱼的养殖概况 ..... 2
- 二、冷水鱼的主要种类及养殖意义 ..... 13
- 三、冷水鱼的形态特征及生态习性 ..... 23

## 第二章 冷水性鱼类的营养需求

- 第一节 虹鳟的食性及营养需求 ..... 40
  - 一、虹鳟的食性与摄食 ..... 40
  - 二、虹鳟的营养需要 ..... 41
- 第二节 鲟鱼的食性及营养需求 ..... 66
  - 一、鲟鱼的食性与摄食 ..... 66
  - 二、鲟鱼的营养需要 ..... 76
- 第三节 哲罗鱼的食性及营养需求 ..... 83
  - 一、哲罗鱼的食性与摄食 ..... 83
  - 二、哲罗鱼的营养需要 ..... 86
- 第四节 大西洋鲑的食性及营养需求 ..... 94
  - 一、大西洋鲑食性与摄食 ..... 94
  - 二、大西洋鲑的营养需要 ..... 96

第五节 红点鲑的食性及营养需求	106
一、红点鲑食性与摄食	106
二、红点鲑的营养需要	106
第六节 其他鲑鳟鱼的食性及营养需求	112
一、其他鲑鳟鱼的食性与摄食	112
二、其他鲑鳟鱼的营养需要	113

### 第三章 冷水鱼饲料配制和加工技术

第一节 冷水鱼配合饲料常用原料	118
一、原料选择	118
二、动物性蛋白	119
三、植物性蛋白	126
四、微生物蛋白	133
五、谷实类及糠麸类	134
六、油脂	137
七、添加剂	141
第二节 配合饲料配方设计的原则与方法	147
一、配合饲料设计的原则	147
二、配合饲料设计的步骤	151
三、配合饲料设计的方法	153
第三节 冷水鱼配合饲料配方	156
一、虹鳟配合饲料配方	156
二、鲟鱼配合饲料配方	163
三、哲罗鱼配合饲料配方	169
第四节 配合饲料的加工	175
一、配合饲料的概念	175
二、配合饲料主要加工工序与设备	176
三、配合饲料的发展	192
第五节 渔用配合饲料的保存	193
一、影响饲料保存的因素	193



二、渔用配合饲料的保存应注意的问题 .....	194
三、科学保存水产饲料的要点 .....	196
四、饲料在保存过程中遇到的常见问题及解决方法 .....	198

## 第四章 冷水鱼的科学投喂技术

第一节 虹鳟的投饲管理技术 .....	202
第二节 鲟鱼的投饲管理技术 .....	216
第三节 哲罗鱼的投饲管理技术 .....	219

## 第五章 冷水鱼养殖和饲料技术问答

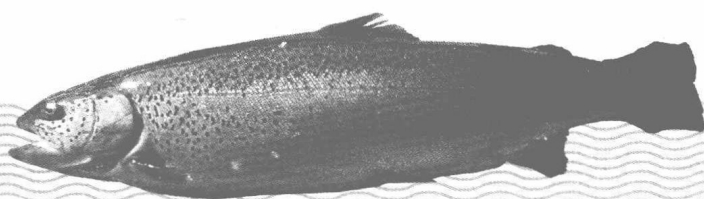
一、虹鳟养殖关键技术 .....	224
二、鲟鱼养殖关键技术 .....	234
三、哲罗鱼养殖关键技术 .....	240
四、鱼类营养与饲料关键技术 .....	246

## 附录

## 参考文献

## 第一章

# 冷水鱼养殖概述





## 一、我国冷水鱼的养殖概况

### (一) 鲑科鱼类养殖概况

鲑科鱼类 (Salmonidae) 大多生活在清凉、流动、无污染的水域当中, 对生存水质的特殊要求, 决定了其绿色、环保的商业品质, 在优质水产养殖品种中, 鲑鳟鱼是最具代表性的产业之一。近 20 年来, 世界鲑鳟鱼养殖发展很快, 1991 年产量不足 40 万吨, 2012 年大西洋鲑 (*Salmo salar*) 和虹鳟 (*Onchorrhynchus mykiss*) 的产量达到 292 万吨, 产量仅列鲤鱼和罗非鱼之后, 在海水鱼类养殖产量中, 54.3% 来自鲑鳟鱼。世界鲑鳟鱼养殖产量的增加, 主要得益于良种选育和健康养殖技术的发展。我国鲑鳟鱼养殖始于 20 世纪 50 年代末, 现有大小养殖场超过千家, 主要分布在三北 (东北、西北、华北) 和西南等冷水资源丰富的山区。近年来, 许多地方政府将鲑鳟鱼养殖作为特色产业和重要渔业经济支持其发展, 在传统“四大家鱼”养殖效益低的冷水水域, 鲑鳟鱼养殖已经在这些经济欠发达地区形成了产业规模, 在促进当地经济发展方面发挥着积极的作用。尽管如此, 我国的鲑鳟鱼养殖仍然存在着良种选育体系不健全、养殖技术粗放、作坊式经营、防治药物的不规范使用以及产业技术和贸易信息交流不畅等问题。我国虽然有好的冷水资源和众多养殖场, 但 2012 年实际养殖产量只有 2.84 万吨, 每年尚需进口 1 万吨以上的大西洋鲑 (三文鱼) 以满足市场需求。

#### 1. 发展过程

(1) 1959—1965 年 引进虹鳟实验养殖和初期发展阶段。1959 年朝鲜送给中国 50000 粒虹鳟发眼卵和 6000 尾鱼苗, 中国渔业局安排黑龙江水产研究所进行虹鳟养殖实验, 从此中国开始



了虹鳟的养殖。1959年第一个冷水鱼实验场建在海林市横道河子镇，1963年生产了第一代虹鳟亲鱼，并成功地进行了人工繁殖。1965年实验场移到宁安市渤海镇，生产了200万粒发眼卵分到黄河地区的几个省份，同时在山西的太原市和辽宁省的营口也进行了虹鳟的养殖实验。经过十多年的发展，虹鳟的养殖技术在中国初步建立起来，积累了繁殖、苗种培育和养成食用鱼的基本经验及技术，培养了我国第一批养殖虹鳟的科技人员。

(2) 1966—1977年 各地虹鳟养殖全部中断，仅有宁安县的渤海虹鳟实验场继续保种饲养。此后，虹鳟养殖几乎停滞了10年。

(3) 1978—1984年 养殖研究、推广、开发和普及阶段。1978年渤海实验场成为虹鳟养殖研究中心。养殖方式从北方池塘模式转变为水利用效率更高的水泥池模式，建立了流水、遮光的孵化车间。随着国家投资的增加，国内外技术交流增多，科学研究工作得到加强，养殖地区和规模不断扩大。在吸收国外先进技术的同时，结合我国实际，在生物学、生理学、生态学等多学科领域进行了大量的研究工作，取得了可喜的成绩。人工繁殖、高密度育苗技术、食用鱼高产技术等研究成果在大范围内推广，鲑鳟鱼养殖有了一个较大的发展，全国生产能力已达到万吨以上。然而，由于养殖模式、饲料加工等技术滞后，无论是产品品质，还是市场占有率都处于较低水平，而北京、上海及沿海经济发达地区高档鲑鳟鱼产品短缺，使欧美鲑鳟鱼产品以高于国产鳟鱼数倍的价格进入我国市场。

(4) 1984—1988年 扩大生产规模，向产业化发展阶段。1984年以后，中国和日本、法国、丹麦等国专家建立了鲑鳟鱼养殖信息交流和技术合作关系。农业部和一些省市水产专家到这些国家学习，日本和丹麦专家来中国讲授鲑鳟养殖技术。1987年中国水产学会成立鲑鳟鱼类研究会，在哈尔滨市召开成立大会



暨第一次学术研讨会。1989年中国水产学会召开北京国际冷水性鱼类养殖学术讨论会。鲑鳟鱼类研究会与黑龙江水产研究所共同创办了国内外公开发行的冷水性鱼类学术期刊《鲑鳟渔业》。

(5) 1988年后 虹鳟养殖稳步发展阶段，引进新品种和新品种实验、育种研发阶段。目前10多个研究机构60多位专家从事本领域。研究包括繁殖生理、营养与饲料、育种、鱼病等。


## 2. 目前的成就

(1) 建立了完善的冷水鱼养殖体系 目前中国引进的鲑鳟鱼种类主要包括虹鳟、金鳟、白鲑 (*Coregonus clupeaformis*)、白斑红点鲑 (*Salvelinus leucomaenis*)、山女鳟 (*Oncorhynchus masou*) 等。养殖区域分布在黑龙江、吉林、辽宁、甘肃、四川、贵州、云南、西藏、河南、安徽、广东、青海等23个省市区内，年生产食用鱼约2.84万吨，其中山东、甘肃、辽宁、黑龙江、云南、山西占90%以上。中国年生产发眼卵2500万~2800万粒，其中黑龙江、辽宁、北京、河北、山西、甘肃占90%以上。目前，全国鲑鳟鱼养殖水平差别较大，受精卵的发眼率为70%~90%、孵化率为60%~80%，出膜仔鱼至上浮稚鱼成活率为80%~95%。上浮稚鱼至20克鱼种成活率为30%~90%，20克鱼种至500克以上商品鱼成活率为80%~95%，从受精卵至养成的总成活率平均为15%~20%。商品鱼的单产为每平方米6~60千克。

目前虹鳟的养殖方式包括以下几种。

① 流水或微流水池塘养殖 这是中国鲑鳟鱼最主要的生产方式，占养殖总量的80%以上，水源为冷泉、山涧溪流、河水或水库底排水。

② 网箱养殖 主要集中在甘肃、青海等地的高原水库，刘家峡水库位于兰州市西偏南70千米，水库控制流域面积17.3万 $\text{km}^2$ ，有效库容42亿 $\text{m}^3$ ，所在地区属温带半干旱气候，最高



水温 25℃，最低水温 2.5℃。20 世纪 80 年代后期开始尝试虹鳟网箱养殖，但未获成功。在总结经验教训的基础上，从 1996 年开始，甘肃省水产研究所、刘家峡水库渔场又一次开始虹鳟网箱养殖，获得了成功，积累了更为丰富的虹鳟网箱养殖经验。目前，刘家峡水库的网箱面积达到 1.6 万米<sup>2</sup>，年产虹鳟 130 吨。

③ 放牧式养殖 虹鳟不仅是一种优良的增养殖品种，也是天然水域品种结构调整的种类之一，其突出表现为生长快、个体大、肉质好、可塑性强（可在高盐度、低透明度的水域中生存）、食物选择幅度大（浮游动物、昆虫、底栖动物和鱼类等均可摄食）、在表层水温高时可充分利用水域中下层空间和饵料生物资源以及种群数量易受人工控制等。对此，在一些原生态环境彻底改变的湖泊和一些渔产力水平不高、小型鱼类比例较大、产值较低的冷水性水域及高坝水库等均可开展虹鳟的增养殖。我国鲑鳟鱼的放牧式养殖主要在新疆和黑龙江地区。新疆的赛里木湖海拔 2073 米、面积 457 千米<sup>2</sup>，是新疆最大的封闭性高山冷水湖，由于地处高寒山区，水温较低，赛里木湖历来没有鱼类产量，水体中西藏拟蚤和钩虾丰富。1998 年，有关部门从俄罗斯引进高白鲑 (*Coregonus peled*) 和贝加尔凹目白鲑 (*Coregonus autumnslis*)，一年单体重量即达 800 克，2000 年捕捞 5 吨，2001 年 20 吨，2002 年 50 吨。2004 年向赛里木湖大规模增殖放流虹鳟。当年共投放 0.2~108 克/尾规格虹鳟苗（种）42.76 万尾，即每公顷投放 9.3 尾，虹鳟在赛里木湖生长迅速。赛里木湖很适合名贵的冷水性鲑鳟鱼生长，湖区鱼载力可达 2800 吨，是我国鲑鳟鱼放牧式养殖最成功的典范。

④ 工厂化养殖 鱼类封闭循环水养殖是一种集现代工程技术、水处理技术和生物技术为一体的高技术工业化生产方式。根据冷水性鱼类养殖的特殊要求，黑龙江水产研究所设计了循环水



养殖设施，主要由养殖池、固体和悬浮物分离、可溶性气体物质去除、增氧、氨氮去除、沉淀、温控、消毒杀菌、水体补充箱和循环水泵等设备组成。同时，设计了系统的水质检测与控制系统。在养殖水体内设置水温、水质检测传感器，进行养殖水体的检测和控制，达到养殖水体自动循环使用的目的。养殖密度在空气增氧的条件下达到 38 千克/米<sup>3</sup>。2006 年，山东省养殖户通过改造原有的对虾育苗池，利用地下井水室内工厂化养殖金鲢，养殖期间采用每天循环养殖用水的方法，首先排水 1/4，以便清除养殖池内的鱼类粪便及残饵，然后再添水 1/4，以保持养殖用水的水量。经过近 8 个月的时间，在总面积为 480 米<sup>2</sup> 的养殖池中共产生成鱼 16 吨，且成鱼平均规格达到体重 357.4 克/尾，养殖成活率为 90%，获得了良好的经济效益。

⑤ 海水和盐碱水养殖 本溪市虹鳟良种场实验证实，虹鳟在海面采取大规格苗种阶段的网箱养殖是安全可行的，其生长速度快于淡水养殖，商品鱼的品质、味道、市场价格都优于淡水养殖，这对于海水养殖规模开发和拓宽市场，提供了依据和示范。甘肃省地处西北内陆腹地，属全国河流矿化度最高区域之一，全省盐碱水土资源丰富，开发潜力很大。近几年在盐碱化水土综合治理中，对不宜农耕和人畜饮用的盐碱化半咸水，进行了虹鳟养殖。

(2) 开展了良种选育 开展了包括基因工程育种、细胞工程育种、染色体操作诱导的多倍体育种、性别控制和雌核发育技术育种、分子标记辅助育种等。并在虹鳟的生物学、生理生化、分子生物学参数测定及遗传标记等方面做了大量的工作。2004 年，黑龙江水产研究所开始采用家系选育技术进行虹鳟育种，常规研究手段与分子生物学手段融合，利用数量性状座位 (quantitative trait locus, QTL) 定位的分子辅助标记育种及遗传分析，目前选至第三代。2010 年该项目已经培育出 3 个优良组合，生长速



度较基础群体均值分别提高了 11.5%、13.0%、22.1%，平均达到 15.53%。2007 年，甘肃的科研单位通过群体选育方法育成“甘肃金鳟”并通过国家原良种委员会审定。

(3) 开发养殖了中国土著鱼种 研究中国土著冷水鱼哲罗鱼 (*Hucho taimen*)、细鳞鱼 (*Brachymystax lenok*)、白斑狗鱼 (*Esox lucius*)、花羔红点鲑 (*Salvelinus malma*)、茴鱼 (*Thymallus arcticus grubei*) 等的生理、生态和繁殖生物学，建立了人工驯化和养殖技术。哲罗鱼养殖最为成功，已经在山东、四川、云南、北京、黑龙江等省市推广养殖。哲罗鱼是中国土著的珍稀冷水性鱼类，1998 年被列为中国的濒危物种。由于近几十年来自然环境的恶化、捕捞强度的增大，使哲罗鱼资源遭到了严重的破坏，加之哲罗鱼个体大、性成熟晚、个体产卵量小的生物学特性使其群体的恢复能力较差，导致群体数量急剧下降，分布区域迅速缩小。黑龙江水产研究所尹家胜课题组系统研究了池塘条件下哲罗鱼的性成熟及全人工养殖条件下哲罗鱼的繁殖、胚胎发育和仔鱼生长，通过捕获野生幼鱼，在池塘条件下培育至性成熟进行人工繁殖，成功实现了哲罗鱼的全人工规模化繁殖、养殖。

(4) 开展了营养需求与高效饲料研究 1984 年以后开始使用多种原料和复合维生素制成的软颗粒或硬颗粒配合饲料，使上浮稚鱼的成活率和生长率从营养角度得到了保证。近年来引进了北欧鲑鳟鱼养殖的新技术，许多渔场在鱼种和食用鱼养成中使用高能量饲料，加大了大豆磷脂和鱼油的添加量，使饲料效率大为提高，且饲养的鱼色泽青绿，更加健壮。中国在虹鳟饲料加工方面也取得了进步，一些饲料企业采用膨化后喷涂油脂的工艺生产高脂肪的膨化饲料，脂肪含量达到 20% 以上，饵料系数 1.0~1.2。

对一些新养殖品种的营养需要进行了系统研究。黑龙江水产





研究所对哲罗鱼苗种培育饲料进行了比较系统的研究，苗种培育成活率达到 80% 以上。研究了人工条件下哲罗鱼消化系统的发生和发育，为培育哲罗鱼苗种提供了可靠依据。通过对人工养殖条件下哲罗鱼的营养需求分析发现：10% 脂肪水平，哲罗鱼稚鱼最适蛋白质水平为 50%，在 15% 和 20% 脂肪水平下，最适蛋白质水平为 42%，且采用豆油代替鱼油喂养哲罗鱼，对其生长没有显著影响。对哲罗鱼的肌肉营养成分做了分析，表明哲罗鱼是一种高蛋白低脂肪的优质冷水性鱼类，通过氨基酸含量分析发现色氨酸为第一限制氨基酸。研究发现，哲罗鱼对动物蛋白的要求较高，鱼粉小于 30% 会影响生长性能和成活率。饲料中添加 0.2% 二甲基-β-乙酸噻亭 (DMPT)、0.2% 氧化三甲胺 (TMAO) 和 0.2% 甜菜碱对哲罗鱼具有促摄食和促生长效果，有利于改善体成分和提高机体消化能力。这些为哲罗鱼的人工配合饲料的研制提供了科学依据。

(5) 开发了病害防治技术 黑龙江水产研究所建立了虹鳟传染性造血器官坏死症 (infectious haematopoietic necrosis, IHN) 和传染性胰脏坏死症 (infectious pancreatic necrosis, IPN) 的防治与检疫技术，系统深入地研究了东北地区虹鳟 IHN 和 IPN 病原学和流行病学。通过养鳟场病毒病防治对策实验，提出了一整套适合东北地区具体地理气候条件下的综合防病措施，对病毒病的防治效果达 80%~100%。根据该两种病毒引起 RTG-2 细胞株变的不同特点及病毒悬液的感染程度，参照流行病学和临床资料，建立了普通实验室适用的 IHN 和 IPN 实用检疫技术。中草药在鲑科鱼类养殖中得以应用，研究内容涉及到增强免疫功能、抗应激、抗有害微生物、驱虫杀虫、增强繁殖力、改进水产品质量和风味等方面。包括用中草药“茵陈三黄汤”治疗虹鳟肝损伤，开发的提高虹鳟机体免疫力的中草药复合添加剂“富康 163”，可有效提高虹鳟成活率和生产性能。