

虹鳟鱼养殖及项目 开发与效益评价

李玉祥 高 锋 编著
曲淑珍 沈希顺

中国农业科技出版社

虹鳟鱼养殖及项目 开发与效益评价

李玉祥 高 锋 编 著
曲淑珍 沈希顺

中国农业科技出版社

1995 年

· 00439

(京)新登字 061 号

内 容 简 介

我国虹鳟鱼养殖的发展方兴未艾,为促进其健康发展,本书首次将项目开发理论、方法与具体的项目生产理论、技术有机地结合在一起,系统全面地介绍了国内外虹鳟鱼生产开发的成果和经验。全书共分 12 章,内容包括:绪论、虹鳟鱼的生物学特征、虹鳟鱼的人工繁殖、稚鱼和当年鱼的饲养管理、营养与饲料、虹鳟敌害与疾病防治、养鳟场地选址与设施配置、项目开发概述、养鳟项目预测、项目财务经济分析与效益评价等。书中将实践经验上升到理论,把理论与生产实际密切结合,为促进我国虹鳟鱼养殖生产的迅速发展,提供了实用项目开发及其生产技术和管理办法。

本书不仅可供有关领导干部、水产科技人员、水产院校有关专业师生、虹鳟鱼养殖技术骨干培训班师生和虹鳟鱼养殖专业户参考,而且对开发其他项目的人员也有参考价值。

虹鳟鱼养殖及项目开发与效益评价

李玉祥 高峰 曲淑珍 沈希顺 编著

责任编辑 王涌清

中国农业出版社(北京海淀区白石桥路 30 号)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经销

北京科文印刷厂印刷

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 12.0 字数: 290 千字

1995 年 6 月第一版 1995 年 6 月第一次印刷

印数: 1-1000 册 定价: 25.00

ISBN 7-80025-676-1/S·458

95400

序

随着人民生活水平的提高和旅游业的发展,广大消费者不仅对水产品需要的数量日益扩大,而且对水产品的质量要求也越来越高。就人们对淡水养殖的鱼类的需要趋向而言,比传统的鲤科鱼类品质更好的高档鲜活鱼的需求量将不断增加。

为了满足消费者对鱼品的新的需求,近一些年来,我国水产科技工作者在引进、驯养国外优良养殖对象如虹鳟、革胡子鲶、露斯塔野鲮、非鲫、加州鲈等鱼类的同时,还运用现代生物技术杂交培育出优良养殖新品种如异育银鲫、杂交鲤等。这些鱼类刺少、肉多,肉质细嫩、味道鲜美、营养丰富,且生长快、产量高、生产经济效益好,是很有发展前途的养殖推广对象。

虹鳟(*Salmo gairdneri*)原产于美国加利福尼亚州,是适应性较广的一种冷水性鱼类。由于其品质优良、商品价值高,目前全世界已有 100 多个国家和地区引种进行人工养殖。我国于 1959 年引进虹鳟,首先在黑龙江试养,后来山西、北京、辽宁也引种进行饲养,目前已发展到吉林、甘肃、陕西、浙江、山东、四川、湖北、云南、贵州、新疆、湖南、江西等 10 多个省、市、自治区。

我国疆域辽阔,适宜于养殖虹鳟的天然冷水资源十分丰富,发展虹鳟养殖的潜力很大。如东北、西北、华北、华中、华南、华东、西南等地区的山区溪流、涌泉和深水水库底排水,都适于用来养鳟。虹鳟养殖大都进行流水高密度集约式饲养,产量高、经济效益好。

近一些年来,旅游业发展迅速,全国各地大、中城市及旅游胜地接待旅游者的高档宾馆、饭店如雨后春笋,星罗棋布,为养鳟业提供了重要的市场,发展前景看好,有条件的地方不失时机地发展养鳟生产,将是很有前途的事业。

这里向广大读者推荐开发养鳟项目、发展虹鳟养殖生产的实用技术——《虹鳟鱼养殖及项目开发效益评价》这本书。本书四位作者通力合作,在总结虹鳟养殖生产实践经验的同时,阅读、参考了大量有关资料,经过融汇贯通,将养殖技术和生产经验上升到理论,又把理论知识有机地结合到生产实际之中,用以指导实践,使本书具有理论与生产实际密切结合,通俗易懂,可操作性强的特点。

还要特别指出,本书另一鲜明的特点是内容丰富、系统全面。书中不仅较详尽地论述了虹鳟鱼养殖生产的国内外现状与经济效益、虹鳟的生物学特点、养殖环境条件、场址选择和渔场建造、引种和人工繁殖、虹鳟的营养需要和饲料的合理配制与投喂、病害防治和日常管理等的必要的理论知识和生产养殖技术与经验,而且还较系统完整地介绍了项目开发的概念、方法步骤和注意事项,以及养鳟项目开发可行性研究的内容、预测的具体方法步骤、经济分析和效益评价方法等。

本书将项目开发理论、方法与具体的项目生产理论、技术这两大部分内容有机地结合在一起,是难能可贵的。这无疑大大提高了本书的学术价值和实用性。

在改革开放、建设社会主义市场经济体制的新时期，本书不但对开发养鳊项目的读者具实际指导作用，而且对开发其他项目的人员也有参考价值。希望本书的出版对科学地进行项目开发，推动我国养鳊等名优水产品养殖业的发展，促进经济腾飞发挥积极的作用。

俞大奴
1995年元月

前 言

虹鳟(*Salmo gairdneri* Richardson)原产于美国加利福尼亚州夏斯塔山区溪流中,属陆封型淡水鱼类。1874年以来,通过不断进行人工引种驯化,在咸、淡水中均可饲养,现已遍布世界各地。尽管虹鳟为北半球产的冷水性鱼类,但引入南半球的澳大利亚、新西兰乃至非洲的最南端养殖均获得成功,并收到良好的经济效益。虹鳟之所以在当今世界分布如此之广泛,无疑与它所具有的养殖优势和蛋白质含量高、肉嫩味美、营养丰富以及无肌间刺等优良品质是分不开的。

我国最早于1959年从朝鲜引进虹鳟,60—70年代基本处在试养阶段,80年代以来发展较快。目前全国已有黑龙江、山西、北京、辽宁、吉林、山东、陕西、甘肃、浙江、河北、贵州、新疆、云南、四川、江西等17个省市自治区已进行虹鳟鱼养殖,并都获得较好的经济效益。

我国幅员辽阔,冷水资源丰富,除“三北”地区的冷水资源外,诸如湖北、湖南、浙江、江西、福建、广西、云南、四川、贵州等省(区)的山涧溪流水、泉水和深水水库底排水,也都适于养殖虹鳟。据山西省的初步调查,仅 $1\text{m}^3/\text{秒}$ 以上的泉水就多达14处,晋中地区的平定县娘子关泉,其流量达 $14\text{m}^3/\text{秒}$,为世界所罕见。全省泉水总流量达 $75.70\text{m}^3/\text{秒}$ 。若按 $0.1\text{m}^3/\text{秒}$ 流量年产20—30吨计算,仅山西省的泉水(不包括山溪水,水库底排水)资源即可生产虹鳟15 000—22 000吨以上。云南省昭通地区仅巧家县就有不同流量泉眼1 000多个。黑龙江省仅一个镜泊湖水库底排水流量就达 $80\text{m}^3/\text{秒}$,且地下冷水资源十分丰富。如能对这些冷水资源加以开发利用,将大大提高我国淡水养鳟产品的数量和质量。

随着我国现代化进程的加快,工业化养鱼的发展,人民生活水平的提高,特别是随着我国和各国交往的增多以及旅游事业的不断发展,可以预见,在不远的将来虹鳟鱼必将发展成为我国主要养殖鱼类之一。然而,我国目前的养鳟生产与世界先进国家相比,特别是在养殖与管理技术方面,还有较大差距。至目前为止,还没有一本较全面、系统地介绍虹鳟鱼有关理论知识、实用技术及管理方法和生产经验的书。为使我国虹鳟鱼养殖能尽快形成生产力和适应生产发展的需要,我们在做了大量调查和研究工作的基础上,参考了大量国内外近年来发表的有关虹鳟养殖技术文献,并总结了作者近十多年在这方面积累的知识和实践经验,尤其是沈希顺同志从事虹鳟鱼人工繁殖和饲养的生产实用经验。我们经过系统地融汇贯通编写出这本书。旨在提高生产及管理技术水平,进一步促进我国虹鳟鱼养殖的发展。

本书引用了一些国外在虹鳟鱼养殖技术、环境条件、饲料配制及生产与经营理等方面的成果资料,力求内容全面、技术方法实用,希望它能帮助读者系统地了解虹鳟养殖生产与经营各有关方面的理论和实践问题,从中获得所需的实用技术和经验,并使读者在结合当地或本场的具体情况获得生产、经营成功方面能有所裨益。

本书在编写过程中，得到中国科学院动物研究所张春光副研究员、陈素芝高级工程师、张世义高级试验师提供的诸多宝贵资料及给予的热情支持与帮助；同时承蒙农业部前水产司司长余大奴先生为本书作序；应该指出的是，初稿完成后，曾邀请有关专家对其内容进行了审阅和讨论，听取了不少宝贵意见，并依此修改定稿；本书能够与读者见面，尤其得助于北京市怀柔县虹鳟渔场的大力支持，在此一并致以真诚的谢意！

虽然我们在编写本书的过程中作出了很大努力，但限于水平，书中难免有欠妥之处，敬希广大读者提出意见，以便再版时增补和修正。

作者

1995 年元月

目 录

序	• 1 •
前 言	• 3 •
第一章 绪论	(1)
一、虹鳟鱼养殖的经济意义和价值	(1)
二、虹鳟鱼养殖的技术特点和技术措施	(2)
(一) 养鳟用水和生产特点	(2)
(二) 苗种生产	(3)
(三) 养鳟饲料	(4)
(四) 食用鱼养成	(6)
(五) 海水养鳟	(7)
三、我国虹鳟鱼养殖的现状与发展前景	(8)
第二章 虹鳟鱼的生物学特性	(10)
一、分类地位与形态特征	(10)
二、生活习性	(10)
(一) 栖息环境	(10)
(二) 食性与生长	(11)
三、繁殖	(11)
第三章 虹鳟鱼的人工繁殖	(13)
一、亲鱼培育	(13)
(一) 亲鱼培育的环境条件	(13)
(二) 亲鱼个体大小与怀卵量的关系	(13)
(三) 亲鱼饲养雌雄比例的搭配	(14)
(四) 亲鱼培育的管理与饲料	(14)
二、人工授精	(16)
(一) 雌雄鉴别	(16)
(二) 成熟度鉴别	(16)
(三) 采精	(16)
(四) 采卵和受精	(16)
(五) 卵子的计数	(17)
三、孵化	(18)
(一) 受精卵的敏感期特点和受精卵的发育	(18)
(二) 受精率的计算	(18)
(三) 孵化的生态要求	(19)

(四) 受精卵孵化的管理	(19)
(五) 发眼卵的管理和运输	(20)
(六) 孵出仔鱼的管理	(21)
第四章 稚鱼和当年鱼的饲养管理	(22)
一、上浮稚鱼的饲养	(22)
(一) 饲养密度	(22)
(二) 开口饲料及其投喂方法	(22)
(三) 防逃与管理	(23)
二、稚鱼和当年鱼的饲养	(23)
(一) 饲养密度和注水量	(23)
(二) 饲料与投喂	(23)
(三) 筛选与管理	(28)
第五章 食用鳟的科学饲养与管理	(30)
一、食用鳟饲养的技术基础	(30)
(一) 环境与生长	(30)
(二) 水量与饲养密度	(31)
(三) 饲料效率	(32)
(四) 影响成活率的因素	(32)
二、食用鳟饲养技术与管理	(33)
(一) 鱼池的合理结构	(33)
(二) 高密度放养	(33)
(三) 饲料	(37)
(四) 科学饲养	(37)
(五) 防病	(39)
三、网箱养鳟	(39)
(一) 海水网箱养鳟	(40)
(二) 淡水网箱养鳟	(40)
四、食用鱼的运输	(40)
(一) 开放式运输	(41)
(二) 封闭式运输	(41)
(三) 影响运输成活率的因素	(44)
第六章 营养与饲料	(47)
一、虹鳟鱼的营养需要	(47)
(一) 蛋白质和氨基酸	(47)
(二) 脂肪	(50)
(三) 糖类	(51)
(四) 能量	(52)

(五) 维生素	(53)
(六) 无机盐与微量元素	(57)
二、养鳊常用饲料的种类及其营养价值	(59)
(一) 水生动物性饲料	(59)
(二) 植物性饲料	(62)
(三) 其它动物性饲料	(63)
(四) 微生物及其发酵饲料	(64)
三、配合饲料	(66)
(一) 渔用配合饲料及其发展	(66)
(二) 配合饲料的优越性	(66)
(三) 配合饲料的组成	(67)
(四) 制定配合饲料配方的依据、原则和方法	(72)
(五) 实用虹鳊饲料配方	(75)
第七章 虹鳊敌害与疾病防治	(77)
一、敌害鸟类及其预防	(77)
(一) 虹鳊养殖中常见的敌害鸟类	(77)
(二) 敌害鸟类的预防	(77)
二、鱼病及其防治	(77)
(一) 鱼病的类型	(78)
(二) 引起虹鳊发病的因素	(79)
三、鱼病的预防	(80)
(一) 传染病的预防	(80)
(二) 营养性疾病的预防	(80)
(三) 侵袭性鱼病的预防	(80)
(四) 鱼池和工具的消毒	(81)
四、虹鳊常见病的诊断与治疗	(81)
(一) 细菌病	(81)
(二) 真菌病	(82)
(三) 寄生虫病	(83)
(四) 鱼病施药量查对表	(84)
第八章 养鳊场地选址与设施配置	(87)
一、养殖场址的选择	(87)
(一) 自然条件的调查	(87)
(二) 社会经济条件的调查	(89)
二、养殖场基础设施的配置与要求	(90)
(一) 建场规划	(90)
(二) 总体布局	(90)
(三) 基础设施的设计与配置	(91)

三、场内孵化设备与用具的配置	(99)
(一) 孵化设备和用具	(99)
四、饲养设备的配置	(101)
(一) 进、排水防逃设备的配置	(101)
(二) 饲料贮存与加工设施的配置	(102)
(三) 养鳟工具和其它机械的配置	(102)
第九章 项目开发概述	(103)
一、项目的基本定义及项目与经济发展的关系	(103)
(一) 项目的基本定义	(103)
(二) 项目与经济发展的关系	(103)
二、项目程式的优点和局限性	(104)
(一) 项目程式的优点	(104)
(二) 项目程式的局限性	(105)
三、项目的选择	(106)
四、项目的分析和决策	(107)
(一) 社会、商业分析	(107)
(二) 财务、经济分析	(107)
(三) 项目决策	(108)
五、项目的执行和评价	(108)
(一) 项目的执行	(108)
(二) 项目的评价	(111)
六、项目开发应注意的几个问题	(113)
(一) 预测的科学性	(113)
(二) 资金的可靠性	(113)
(三) 技术的先进性	(113)
(四) 管理的合理性	(113)
(五) 经营的灵活性	(114)
第十章 养鳟项目可行性研究的程序与内容	(115)
一、项目可行性研究的含意与意义	(115)
(一) 可行性研究的含意与发展概况	(115)
(二) 可行性研究的意义	(116)
二、可行性研究的程序和步骤	(117)
(一) 可行性研究的程序	(117)
(二) 可行性研究的步骤	(119)
三、项目可行性研究的基本内容	(121)
第十一章 养鳟项目发展预测	(124)
一、预测的概念和内容	(124)

二、预测的步骤	(124)
(一) 明确预测的目的和要求	(124)
(二) 收集和分析预测资料	(124)
(三) 选择预测的方法	(124)
(四) 进行实际预测	(125)
三、预测的基本方法	(125)
(一) 定性分析法	(125)
(二) 定量分析法	(125)
第十二章 项目财务、经济分析与效益评价	(139)
一、养鳊项目财务、经济分析与效益评价的概念和意义	(139)
二、养鳊项目的建设投资与偿还分析	(139)
(一) 养鳊项目建设投资的费用构成	(139)
(二) 养鳊项目投资的估算与分析	(140)
三、养鳊项目技术效果评价	(143)
四、项目静态分析的方法和指标	(145)
(一) 单位产品投资指标	(145)
(二) 投资收益率(投资效果系数)	(146)
(三) 投资回收期(返本期)	(146)
(四) 单位投资自筹率	(146)
(五) 追加投资回收期	(147)
五、项目动态分析的方法和指标	(147)
(一) 财务报表和现金流量计算	(147)
(二) 计算资金时间价值的几个基本概念	(151)
(三) 动态计算方法及其基础公式	(153)
(四) 动态分析方法	(156)
六、不确定性分析的含意和敏感性分析方法	(161)
(一) 不确定性分析的含意	(161)
(二) 敏感性分析方法	(162)
附表 1 可行性研究中动态经济分析报酬率因数表	(163)
附表 2 世界饲养虹鳊鱼的主要国家及其简况	(176)
参考文献	(179)

第一章 绪 论

一、虹鳟鱼养殖的经济意义和价值

虹鳟(*Salmo gairdneri* Richardson)原产于美国加利福尼亚州夏斯塔山区溪流中,分布于北美洲的太平洋沿岸、加拿大西海岸和美国的阿拉斯加、华盛顿、俄勒冈、爱达荷等州的自然水域中。1874年首次被移往美国东海岸水域饲养,1877年引入日本,1880年移入欧洲大陆。目前虹鳟养殖已遍布世界各地。尽管虹鳟为北半球产的冷水性鱼类,但已被移于南半球的澳大利亚、新西兰乃至非洲的最南端。其养殖高度已达到海拔4500m以上的水域。虹鳟在当今世界上的养殖分布之所以如此广泛,无疑与它所具有的养殖优势是分不开的。虹鳟在鱼类分类学隶属于鲑科,是冷水性鱼类。它蛋白质含量高,品质优良,肉嫩味美,营养丰富,加之无肌间刺,素为疗养院和旅游胜地颇受欢迎的美味佳肴,商品价值高。养殖虹鳟可获得较大的经济效益。以法国为例,1982年在渔场交货每kg虹鳟销售价12.5法郎(当时人民币与法郎比值为1:3),生产成本约10法郎,一个年产200t(吨)的养殖场,一年可盈利50万法郎,合人民币16万余元。一个3名工人的苗种场,每年购进200万粒发眼卵,育成15g重鱼种120万尾出售,可盈利76万法郎(按每kg鱼种售价100法郎计算,120万尾180万法郎,除去购卵费200万粒8万法郎,饲料费24万kg96万法郎,未计入人工费用,合人民币25万余元。虽然,法国面积仅为我国1/18,但养殖场却多达800个。丹麦大小养鳟场600多个。日本养鳟场已遍布全国四岛,其产量接近淡水鱼总产量的1/3。美国除得克萨斯、路易斯安娜、密西西比州外,共有45个州养鳟。意大利自本世纪初以来,在南阿尔卑斯山一带养鳟场如雨后春笋般建立起来。冰岛仅120万人口,年产170万t鱼,却仍热中饲养虹鳟。目前盛产虹鳟国家除多向美国出口外,还相互频繁地进行进出口外贸交易。进出口品种有鲜活鱼及冷冻鱼、已发育的卵、稚鱼、鱼种等等。其中以冷冻鱼最受欢迎,是出口创汇的主要水产品。50年代末以来,养鳟配合饲料的问世以及依赖配合饲料在有限空间养殖大量鳟鱼技术的普及,也是世界虹鳟养殖获得迅速发展的重要原因之一。近年来,先进养鳟国一个年产200t的场,只需2—3个工人,即一个工人每年可生产虹鳟70—100t。据计算,养鳟池的最大容鱼量为 $<32\text{kg}/\text{m}^2$,而实际平均水平已达 $30\text{—}40\text{kg}/\text{m}^2$,最高达到 $70\text{—}80\text{kg}/\text{m}^2$ 。年生产量一般达 $40\text{—}50\text{kg}/\text{m}^2$,最高达到 $100\text{kg}/\text{m}^2$ 。另据计算,每 $0.1\text{m}^3/\text{秒}$ 流量每年可生产虹鳟的最大限额为36—39t,而现在实际生产中多为20—30t。作为例外,美国宾夕法尼亚州的一个场和法国布列塔尼省的一个场,采用极度充氧的方式,其虹鳟产量分别高达59t和231t,表明虹鳟极适宜于高密度养殖,这是其它养殖鱼类所无法比拟的。采用集约式强化养殖,可相应减少所需面积,便于管理,有利于提高生产效率和饲料利用率,从而易为生产者所接受。虹鳟养殖的另一重要特点是可充分利用其它温水性鱼类所无法利用的冷水水域资源,且淡水、海水都可用以养鳟。除广泛利用涌泉水、溪流水、水库底排水、地下水实行精养外,瑞士、瑞典、墨西哥、朝鲜等国还向湖泊、水库中人工放流虹鳟,粗放产量为10—30kg/公顷。瑞士湖为30kg/公顷。虹鳟在德国是作为封闭循环系统装置中养殖的主要

对象。此外，虹鳟还适于网箱养殖，原苏联淡水网箱养鳟发展较早较快。挪威、法国、日本正致力于海水网箱养鳟。1982年挪威海水养鳟4 000t，法国海水养鳟从1980年的300t提高到1982年的700t。从全球水资源来看，发展虹鳟养殖有巨大的潜力。

二、虹鳟鱼养殖的技术特点和技术措施

(一) 养鳟用水和生产特点

虹鳟在自然条件下喜栖于水质澄清、水量充沛、溶氧量丰富，具有砂砾底的河川上游支流或溪流中。其适宜生活温度8—18℃，稚鱼最适温度10℃，低于8℃或高于20℃时食欲减退，生长受阻。超过24℃时摄食停止，长时间持续体力衰弱以至死亡。在天然水域中因溶氧量充足尚可忍受，而在人工养殖条件下，当水温升到22℃左右时就有危险。溶氧量9mg/L以上生长较快，7mg/L生长正常，<5mg/L时呼吸困难，生长减缓，其夏季致死点为3mg/L。混浊的水影响虹鳟的摄食和生长，其幼鱼对浑水尤为敏感。因此养鳟用水的首要条件需具备澄清而丰富的冷水。除温度和溶氧量外，养鳟池的水质控制指标为：BOD(5天)10mgO₂/L，氨氮<0.0075mg/L，亚硝酸盐<0.5mg/L，硝酸盐<1mg/L，磷酸盐<0.2mg/L，悬浮物<15mg/L，pH6.5—7.0。在国外除涌泉水外，更为普遍的是利用小河支流或山涧溪流水。在河上修筑拦河坝，提高水位后使水流进渠引入鱼池，利用后经排水渠流入下游河中。这种利用山川溪流水养鳟的渔场，在总进渠都建有一支流渠道，以疏导暴雨或山洪期的过剩水量。引水渠安装有自动定时过滤器以去除枯枝落叶和杂草。使用地下水养鳟的较少，仅在某些孵化站或需要调节水温时才使用，以免机械提水，增加成本。研究表明，虹鳟在偏酸性水中，氨氮危害性和病害相应减少，有利于加大饲养密度，但酸性过大亦不适宜，这时需在总进渠用石灰水自动滴下法来调节水的酸碱度。水源含有较多的氮气时，则需经跌水曝气除氮后再流入鱼池使用。

因地制宜，因场制宜，实行专业化生产是当前养鳟的一大特点。尽管各国都有大型的综合性养鳟场，如美国的爱达荷(Idaho)养鳟企业年产数千吨虹鳟和1.6亿多粒发眼卵，意大利的萨尔瓦多(Salvadov)养鳟场也年产数千吨，法国的梅则斯(Mezos)养鳟场年产2 000t，各场都下设有若干分场分别进行不同阶段的专门化生产。然而，为数更众多的是中小型养殖场，其中包括许多家庭养鳟场，他们从自身的场地、水量和技术等条件出发，进行适合自己特点的专业化生产，如有饲养亲鱼出售发眼卵和稚鱼的繁殖场，有购进发眼卵培育鱼种的苗种场，有购进发眼卵或鱼种养成食用鱼的成鱼饲养场等等。这种扬长避短的专业化生产有利于养鳟技术的精益求精，也是国外养鳟得以迅速普及的又一重要原因。

基于鲑鳟鱼类卵子发育温度要求低，孵化时间较长，从而为人工移殖带来了良好的方便条件，特别是有利于发眼卵的运输。发眼卵运输发展到今天已经达到了极其完善的地步，在10℃气温下可以安全运输三昼夜而途中无需做任何处理，使已发育的卵可由一个国家托运至另一个国家。又由于各国饲养鳟的产卵期不同，正常产卵期为10月至翌年2月，北美产卵较早，而澳大利亚、北欧较晚，因此生产者每年可从任何地区订购不同时期所需的发眼卵，安排各自的生产。各国虹鳟食用鱼的规格多为200—300g，原苏联的食用规格偏小，为150—200g，德国少量生产至1 000g，西班牙、加拿大、法国少量生产至

2 000g 以上, 以供制熏鱼用。养殖周期与水温有直接关系, 在年平均 10℃ 的水温条件下采用配合饲料培育至 200g 通常需 4 500℃ 的累积温度。在英、美、法等国南部, 温度稍偏高, 养殖周期缩至 9—10 个月, 而瑞士、原苏联的高寒地区, 养殖周期竟长达 2 年之久。但从开食至养成多为 10—18 个月。

(二) 苗种生产

自 50 年代以来, 由于各国对冷冻虹鳟需求增多, 对苗种的需求也剧增, 因而都注重于提高苗种生产技术。配合饲料的解决, 使亲鱼的营养与健康得以有了保障。另外, 明确了亲鱼培育的适宜水温为 4—13℃, 且在产卵前 6 个月水温不应超过 12℃。若全年水温在 16—17.5℃, 或虽能采卵, 但不受精; 或虽成长良好, 但不成熟。通常认为饲料和温度是培育虹鳟亲鱼的关键, 而饲养密度则关系不大。有的繁殖场使用 2—4 龄雌鱼和 2 龄雄鱼, 有的则使用 3—6 龄雌鱼和 4—5 龄雄鱼。鱼体大卵粒也大, 许多繁殖场的共同点是不追求大卵, 而只注重数量, 且对不同龄和不同性别的亲鱼均予以分别饲养。

鳟鱼的人工授精技术最初由瑞典人雅各比(Jacobi)描述并于 1975 年发表, 1865—1870 年俄国人威华斯基(Vrassky)发明干导法后使授精技术更前进了一步。迄今对虹鳟人工授精不外乎二种方法。一是干法授精, 把卵挤入多孔盘中, 滤去腹腔液后, 再授精。另一种是带腹腔液授精, 其授精效果无异, 视操作者喜好而定。在授精方法上, 一种是把精液直接挤入卵中授精。另一种是预采精液于烧杯中, 再按每万粒卵加精液 5—10ml 授精。采用后一种方法多把精液贮存于 5—8℃ 的恒温容器中, 若时间过长还需贮于密闭充氧的尼龙袋中, 且不能有任何水滴或血液、尿液混入。日本从 1951 年起重点研究使受精率受到影响的主要因素, 发现虹鳟用挤压法采卵往往有破卵混入, 破卵中的卵蛋白能使精子凝集, 破卵混入率越高, 精子的活动时间越短。破卵混入多时, pH 值 5.8—6.4 呈酸性阻碍精子活动。1955 年开始等渗液洗涤法实用化后, 发眼率由 1952 年的 53.6% 提高到 88.1%。近年来法国国家农科院比拉尔(R·Billard)研究出一种精液稀释液, 每 1L 卵加 1ml 精液搅拌授精, 可大大节省精液, 并可使劣质卵的受精率提高 20%。鲑科鱼类精液保存技术的研究自 Terao 于 1960 年开始用虹鳟的精液冷冻保存做试验起, 直到 Ott 和 Horao 止, 许多学者进行了这方面的试验, 但没有取得显著的成功。Stiein 和 Bayrle 在短时间(1 周)内成功地冷冻保存了虹鳟和河鳟(*Salmo trutta*)的精液。Mounib 于 1978 年报道, 在较长时间(1 年)内成功地冷冻保存大西洋鲑鱼(*Salmo Salar*)的精液。繁殖能力几乎没有降低, 尽管近年来的研究及冷冻技术的实际应用仍存在许多问题。1977—1978 年, 日本黑仓寿和平野礼次郎利用国立水产研究所日光分部所饲养的虹鳟进行了采精及精液长期(343 天)冷冻保存与繁殖力试验, 得到近 40% 的发眼卵, 说明虹鳟精液具有长时间保存的可能性。导致繁殖力降低的原因, 经研究, 可能与冻融使精子中主要阳离子的含量变化有关。发现冻融使精子 Na^+ 和 Ca^{++} 增加, K^+ 和 Mg^{++} 减少。鲑鳟鱼类的精子对 Na^+ 和 K^+ 在其介质中的含量很敏感, 只要精液中很少一部分精子已经死亡或者受到机械损害, 细胞质膜选择渗透能力消失, 精子中 Na^+ 和 K^+ 水平发生变化, 就会影响控制精子活动机制的灵敏性和精子的活动能力。精子的活力是随着介质中 Na^+ 浓度上升而增高, 当 K^+ 浓度增加时, 能导致精子失活。对精液的冷冻保存及冷冻精液授精方法尚需进一步深入研究。

在孵化方面,除仍采用卧式孵化器外,目前广泛采用桶式孵化器和平列槽相结合的孵化方法。桶的大小不一,盛卵 20 000—300 000 粒不等。水自下部流经全部鱼卵后从上部溢出,每桶注水量 4—7L/分钟。每 4 天用孔雀石绿消毒 1 小时,抑制水霉菌的生长。孵至累积温度达 220℃ 眼点明显时再用自动分卵器去除死卵,或在转入平列槽继续孵化过程中进行人工拣除。平列槽有 $0.4 \times 0.17 \times 3.5\text{m}$ 和 $0.55 \times 0.25 \times 2.5\text{m}$ 等不同规格,槽内有自下而上流水的小槽 4—6 个。每个平列槽盛卵 40 000—60 000 粒,将卵铺成一层平列放置。采用桶槽结合方法孵化,可大大节省用水和占地面积。孵化桶可架式放置,以 8 只桶/ 1m^2 的面积可孵化鱼卵 200 万粒以上。平列槽加盖后可置于鱼池中,因系一层平列,很便于检查管理,出苗后在原槽中继续饲养 2—3 周。整个孵化期均使卵苗处于安静状态,有利于提高孵化率。在先进养鳟国家平均受精率为 90%,孵化率为 80%,从采卵到发眼卵 88%,发眼卵至秋苗 88%,秋苗至养成 80%,从采卵至养成为 56%。

在改变光周期使鲑鳟鱼类产卵发生变化方面,美国早在 1937 年有过试验成功的报告。日本东水大野村等 1962 年用光处理使虹鳟早产获得成功。1966 年以来日本各地和北海道的繁殖场已能实现周年采卵,即春季 3—6 月,夏季 7—10 月,冬季 11—2 月。美国除有适于四季采卵的亲鱼群外,还有通过选育获得生长快、成熟早、怀卵量多的虹鳟。英国通过性别控制获得雌性化虹鳟,在水温 12℃ 下饲养 14 个月可达 500g 以上。日本从 1959 年开始每年把 2 龄鱼的最早采卵群的后代保留下来,经 10 年时间,采卵盛期提早 1 个月。初产鱼龄变小有利于繁殖场降低成本。日本从 1952 年起对满 2 龄产卵的鱼加以筛选,至 1961 年成熟率从 6.2% 提高到 46.8%;满 3 龄产卵鱼从 55.3% 提高到 88.2%。但早熟导致生长减缓和死亡的增加,所以采用低龄成熟鱼的后代养成不一定有利。采用规格大的鱼养成和海水养殖鳟鱼,需要对成熟晚的亲鱼进行筛选。

目前国外技术水平高的繁殖场对稚鱼的饲养采用相当高的密度,体长 4cm 的稚鱼为 $8\text{kg}/\text{m}^2$, 9 256 尾;体长 5cm 的为 $10\text{--}11\text{kg}/\text{m}^2$, 6 710—7 381 尾;体长 6cm 的为 $15\text{kg}/\text{m}^2$, 5 220 尾;体长 7cm 以上按具体条件掌握投放密度。高密度饲养稚鱼必须根据各场的水量、水中溶解氧的含量和所积累的饲养管理经验加以确定,以稚鱼能健康成长为前提。

(三) 养鳟饲料

虹鳟饲料的研究最初在美国从 1920 年开始,由菲利普(Philips)等在科罗拉多孵化场进行,为以后的研究奠定了基础。1956 年他们汇集了过去的成果,提出了虹鳟的蛋白质和碳水化合物、脂肪和矿物质,维生素的饲料组成,指出硬颗粒饲料无需制饵,贮藏和投饲方便。因当时有未知因素尚未弄清,在养殖过程中,每周最少要投喂一次肉类才无危险。他们预言,将来能发展营养完全的颗粒化饲料,其时无需肉类。与此同时,以美国西部鱼类营养研究所哈尔佛(Halver)为中心,从鲑鳟鱼类对氨基酸需求开始,对各种维生素和碳水化合物的要求等进行了广泛的研究。1957 年提出了虹鳟的完全合成饲料配方,随后又陆续发表了有关成果,阐明了虹鳟的营养要求。在此基础上美国首先于 1958 年实现养鳟配合饲料商品化。日本过去养鳟用饲料原料主要是蚕蛹以及冷冻鱼、鲑鱼。1959 年开始以美国有关成果为基础,历经 4 年的持续研究,弄清了代替蚕蛹的蛋白原料的选择及

各种营养素的适宜量，并对量多价高的哈尔佛维生素混合处方作了最低添加量试验。同时以养鳟配合饲料研究为基础带动了鲤鱼、香鱼、鳊鱼饲料的研究。1962年起正式生产适合日本国情的养鳟配合饲料，从而使过去因不能解决而担忧的营养性疾病基本得到了控制。原苏联是以全苏河湖渔业研究所的研究为基础，于1975年正式生产养鳟配合饲料。

时至现在国外从稚鱼至食用鱼养成已广泛使用配合饲料。配合饲料通常含水量8—11%，粗蛋白40—56%（鱼料蛋白 $>1/6$ 至 $>1/3$ ），脂肪6—16%，碳水化合物 $<30\%$ ，纤维素 $<5\%$ 。多以优质鱼粉、肉骨粉、啤酒酵母、豆饼、绵子饼、玉米蛋白、玉米下脚料、小麦粉等为基础饲料，添加维生素、矿物质、抗氧化剂、抗生素、油脂和粘合剂，有的还添加着色剂和药物制剂。饲料效率多为70%。有袋装和散装两种，用塑料袋包装有22.7kg(美国)或25kg(法国)一袋。饲料颗粒规格从0.3—8mm分成不同的等级，按鱼体大小和生理状况分别选用。对饲料中维生素的有效期规定为3个月或4个月。袋装饲料存放于干燥、通风、避光处，散装多存放于大型圆筒形或漏斗状贮存塔中。

丹麦和挪威由于养鳟场靠近港口，是西欧淡水养鳟中仍在食用新鲜鱼的国家，多以鳟鱼和沙鳊为主加上粘合剂。饲料转化率5%。海鱼多含硫胺素分解酶，往往需要加热处理或添加硫胺素。此外，朝鲜使用半干饲料，即以鱼肉废弃物和鱼粉、豆饼等干饲料加以混和配合。美国在使用硬颗粒饲料以前曾长期使用这种饲料，其中牛脾脏、牛肝脏的比例高达42%。在低温下($<5^{\circ}\text{C}$)虹鳟不喜硬颗粒饲料而更喜食这种饲料。但制作生鲜饲料和半干饲料均需备有冷库，且制成后不能久存，不利于养鳟的普及和专业化生产。

迄今对虹鳟营养的需求已研究得十分透彻。饲料中蛋白质达到一定含量时对10种必需氨基酸的量有一定要求，其相互比值要保持平衡，这是评价养鳟饲料蛋白质营养高低的重要标志。通过精细的实验，已明确了鲑鱼所必需的10种氨基酸及其比值为：精氨酸2.5%，组氨酸0.7%，异亮氨酸1.0%，亮氨酸0.6%，赖氨酸2.1%，蛋氨酸0.5%，苯丙氨酸2.1%，酪氨酸0.8%，色氨酸0.2%，缬氨酸1.5%(Halve Y 1961, 1964; De Long et al., 1962; Shanks et al., 1962)。不过有些非必需氨基酸可以部分地补偿必需氨基酸需要量的不足。为满足鳟鱼对蛋白质和必需氨基酸的大量需求，最为适宜的配合饲料基本上是由动物性来源组成的。作为虹鳟用全价颗粒饲料含有40—45%的鱼粉(KaHugbe, 1974; OcmPoguoba, 1974; Phillips, 1970)。富含蛋白质的全价配合饲料对鳟鱼至关重要，这是由于鳟鱼类对大多数必需氨基酸的需要很大程度上超过温血动物及其近亲的需要量。优质鱼粉除富含植物蛋白中通常所缺少的赖氨酸、蛋氨酸外，还能满足虹鳟对脂溶性维生素的要求。其次必须给予 $\text{C}_{18}:3\text{CO}_3$ 或 $\text{C}_{20}:5\text{CO}_3$ 、 $\text{C}_{22}:6\text{CO}_3$ 等必需脂肪酸的饲料，以防止烂鳃病和昏迷症，节省蛋白源，同时可促进生长，提高饲料效益。在投饵上有多种自动投饵器，采用投饵器可大大节省劳力，但手投便于观察鱼情和防止过食，因此不少养鳟场尽管劳动力昂贵但仍坚持采用人工手投。

由于全世界蛋白质资源日趋短缺，且各国饲料成本均占养鳟成本的 $1/2$ 至 $1/3$ ，为降低成本都在寻求和开发新的蛋白质来源。日本、德国在研究用羽毛粉、石油酵母代替部分鱼粉。美国、法国在研究用大豆代替。原苏联在研究用水解酵母、碳水化合物酵母、葵花子饼代替。此外，藻类是一种重要的单细胞蛋白源。藻类含蛋白质50%，纤维素6—7%，脂肪5—6%，灰分6%，可能成为一种新的养鳟蛋白源。在单位面积水面上培养鲜藻比同一单位面积的大豆，可收获高10倍的蛋白质。目前藻类收获和干燥到含适当水分