

冷水性鱼类 养殖学

LENGSHUIXING YULEI YANGZHIXUE

范兆廷 姜作发 韩 英 主编
孙大江 主审

 中国农业出版社

封面设计 ● 贾利霞

ISBN 978-7-109-13019-7



9 787109 130197 >

定价：37.00 元

图字0587-7-109-13013-7

ISBN 978-7-109-13013-7
中国农业出版社, 2008.11

冷水性鱼类养殖学

范兆廷 姜作发 韩英 主编
孙大江 主审

中国农业出版社
(北京市朝阳区农展馆北路2号)
(邮政编码 100125)
责任编辑 姜作发 姜作发

中国农业出版社出版 (北京市朝阳区农展馆北路2号)
2008年11月第1版 2008年11月北京第1次印刷

开本: 850mm×1080mm 1/16 印张: 20.5

字数: 300千字

定价: 32.00元

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

冷水性鱼类养殖学/范兆廷, 姜作发, 韩英主编. —北京: 中国农业出版社, 2008. 11

ISBN 978-7-109-13019-7

I. 冷… II. ①范…②姜…③韩… III. 冷水性鱼类—鱼类养殖 IV. S965.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 154579 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100125)

责任编辑 曾丹霞 林珠英

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2008 年 11 月第 1 版 2008 年 11 月北京第 1 次印刷

开本: 820mm×1080mm 1/16 印张: 20.5

字数: 500 千字

定价: 37.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

主 编 范兆廷 姜作发 韩 英

编 者 范兆廷 姜作发 韩 英 尹海富

张 辉 刘 敏 杨雨虹 王炳谦

主 审 孙大江

前言

从 20 世纪 50 年代末我国引进虹鳟开始,冷水性鱼类养殖作为水产养殖业新兴的一个领域,经历了一段曲折而艰苦的试养和推广过程。近十年来,随着冷水性鱼类养殖技术研究的深入开展,基础理论和应用技术的不断普及提高,冷水性鱼类养殖有了长足的发展。在大规模推广虹鳟养殖的基础上,我国又陆续引进了大西洋鲑(*Salmo salar*)、银大麻哈鱼、大鳞大麻哈鱼、白点鲑、高白鲑和湖白鲑等;同时,又发掘了一批土著冷水性鱼类进行养殖,使养殖品种不断增加。我国引进冷水性鱼类——虹鳟养殖以后,也从国外引进了冷水性鱼类的人工养殖技术。经过多年的发展,我国养殖冷水性鱼类的技术已经有了长足的进步,目前既有常规的水道式流水养殖,也有静水池塘养殖、室内循环水工厂化养殖、自然水体网箱养殖等形式。养殖区域由北向南不断推广,目前已遍布于 20 多个省、市、自治区,养殖面积和产量也达到了前所未有的水平。由于养殖技术和水平不断提高,既带动了水产养殖业的深入发展,同时刺激了相关辅助行业的发展,如相应的饲料生产企业和添加剂企业,由冷水性鱼类养殖而发展起来的郊区游钓业和餐饮业。可以说,冷水性鱼类养殖是淡水养殖行业中一个生机勃勃、前途广阔的新兴产业。

我国目前有关冷水性鱼类养殖的专著较少,尚无一本系统阐述冷水性鱼类养殖技术和基础理论的专著和可以作为水产养殖专业本科生的教材。各地普遍缺少冷水性鱼类养殖的专门人才,迫切需要水产养殖专业尽快培养这一方面的技术人才。本书既是专门论述冷水性鱼类养殖的专著,同时也可作为本、专科水产养殖专业的教材,还可以供相关专业的研究生使用。在本书编写中,力求系统地总结国内外冷水性鱼类养殖的经验和科研成果,以更好地指导生产实践,适应培养渔业科技人才的迫切需要和生产实践的需要。

我国有丰富的冷水资源,冷水性鱼类种类繁多。本书是以虹鳟、大西洋鲑等为重点,系统、扼要、深入浅出地阐述冷水性鱼类生物学、养殖设施和养殖的基础理论,介绍了人工繁殖、苗种培育、商品鱼饲养、营养与饲料和病害防治等应用技术,

以及运输、加工、保鲜和烹饪等相关技术。在内容和资料的选择上,考虑本书作为专著和教材的双重性,我们尽量以总结国内冷水性鱼类养殖研究有代表性的成果为主,并收集、采用了大量国外的先进技术,以反映国内外冷水性鱼类养殖的现状和水平;同时,按照人才培养的基本要求,遵循科学规律,力求理论与实践密切结合,尽量体现专著的科学性、应用性和先进性。

本书的编写分工为:绪论的部分内容、第三章、第五章第三节由韩英编写;绪论的部分内容、第一章的部分内容、第四章的部分内容、第六章的部分内容、第十章由范兆廷编写;第一章的部分内容、第六章的部分内容和附录由姜作发编写;第五章第一、第二及第三节,第八章由尹海富编写;第二章、第七章由张辉编写;第九章由刘敏编写;第十一章由尹海富和范兆廷编写;第十二章由杨雨虹编写;第四章的部分内容由王炳谦编写。全书由中国水产科学研究院冷水性鱼类增养殖重点实验室主任、中国水产科学研究院黑龙江水产研究所副所长、冷水性鱼类养殖研究室主任孙大江研究员审读。

冷水性鱼类养殖学作为一门完整的学科,其专著和教材编写在我国还是首次尝试。我国冷水性鱼类的养殖及与养殖相关的基础性研究处于深入探索和扩大引进阶段,目前整个学科的构架初步建立。本书中的一些内容主要根据国外资料编写而成,还有待于根据我国科研工作者的研究结果和广大养殖业者的实践经验不断总结提高和进一步完善。

本书可作为水产养殖专业、水生生物学专业本科及专科学生的教材;还可供冷水性鱼类养殖开发的科研人员、渔政人员、水产技术推广人员等参考使用;也可作为相关专业研究生及专业人员的参考书。

本书编写过程中得到中国水产学会鲑鱼类研究会、中国水产科学研究院黑龙江水产研究所的大力支持,以及中国水产科学研究院黑龙江水产研究所刘雄研究员、牟振波副研究员、夏重志研究员和王丙乾副研究员等的大力支持,在此一并致谢。

衷心希望本书能为我国冷水性鱼类养殖的深入发展、冷水性鱼类养殖专门人才的培养起到建设性的作用,为推动我国冷水性鱼类养殖、冷水资源的开发利用、促进这一新兴事业的发展做出微薄的贡献。

编者

2008年3月

目 录

前言	1
绪论	1
一、冷水性鱼类的定义	1
二、冷水性鱼类的生物学特点	2
三、冷水性鱼类养殖的意义	4
四、我国的冷水资源及其利用情况	7
参考文献	8
第一章 冷水性养殖鱼类的生物学	11
第一节 大麻哈鱼属 (<i>Oncorhynchus</i>)	12
一、大麻哈鱼	12
二、红大麻哈鱼	13
三、大鳞大麻哈鱼	15
四、细鳞大麻哈鱼	16
五、马苏大麻哈鱼	17
六、银大麻哈鱼	19
第二节 虹鳟 (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	20
一、虹鳟的分类及养殖意义	20
二、生物学特性	21
三、品种或品系	24
第三节 鲑属 (<i>Salmo</i>)	26
一、大西洋鲑	26
二、生物学特性	27
三、欧鳟	31
第四节 红点鲑属 (<i>Salvelinus</i>)	33
一、白点鲑	33
二、花羔红点鲑	34
三、北极红点鲑	35
四、美洲红点鲑	36

五、湖红点鲑.....	37
第五节 白鲑属 (<i>Coregonus</i>)	39
一、高白鲑.....	40
二、楚德白鲑.....	40
三、秋(凹目)白鲑	40
四、湖白鲑(湖鲱)	41
第六节 中国土著冷水性鱼类.....	41
一、鲑科	41
二、胡瓜鱼科.....	43
三、黑龙江茴鱼	45
四、黑斑狗鱼.....	45
五、江鳕	46
参考文献	46
第二章 冷水性鱼类养殖环境与设施	50
第一节 养殖对象对环境条件的要求	50
一、氧气的需求量	50
二、水温	52
三、pH 与碱度	52
四、氨	53
五、亚硝酸盐.....	53
六、二氧化碳.....	53
七、水中的悬浮物质	53
八、超饱和氮气	54
九、有毒物质.....	54
十、光照	55
第二节 冷水性鱼类养殖模式与条件的选择.....	55
一、养殖模式.....	55
二、养殖条件的选择	56
第三节 养殖设施建设	60
一、建设规划.....	60
二、养殖设施.....	61
参考文献	73
第三章 人工繁殖和孵化	75
第一节 虹鳟的人工繁殖和孵化	75
一、性腺发育.....	76

二、亲鱼的选择和培育	78
三、人工采卵授精	82
四、人工孵化	86
第二节 其他冷水性鱼类的人工繁殖和孵化	93
一、大麻哈鱼 (<i>Oncorhynchus</i> spp.)	93
二、大西洋鲑 (<i>Salmo salar</i>)	97
三、白鲑 (<i>Coregonus</i> spp.)	99
四、红点鲑 (<i>Salvelinus</i> spp.)	100
五、细鳞鱼 (<i>Brachymystax lenok</i> Pallas)	101
六、哲罗鱼 (<i>Hucho taimen</i> Pallas)	103
第三节 鲑科鱼类精子的保存	104
一、精液的暂存	104
二、精子的低温保存	104
三、精子的超低温保存	105
参考文献	107
第四章 稚、幼鱼的饲养与管理	111
第一节 稚、幼鱼的生物学特点	111
一、冷水性鱼类养殖的术语	111
二、稚、幼鱼发育的分期	112
三、冷水性鱼类幼鱼的发育特点	113
四、冷水性鱼类稚、幼鱼的养殖条件	113
第二节 虹鳟开口期稚鱼的饲喂管理	114
一、上浮稚鱼的规格	114
二、上浮稚鱼的饲养密度和水流量控制	114
三、开口饲料及饲喂	114
四、防逃与管理	115
第三节 虹鳟稚、幼鱼的饲养管理	115
一、饲养密度和水流量	116
二、生长速度	118
三、饲喂	119
四、防病	120
五、筛选	120
六、管理	121
第四节 大麻哈鱼及大西洋鲑的稚、幼鱼培育	122
一、大麻哈鱼属鱼类	122
二、大西洋鲑	124

第五节 白鲑及红点鲑类稚、幼鱼的培育	128
一、白鲑类稚、幼鱼的培育	128
二、红点鲑类稚、幼鱼的培育	129
参考文献	130
第五章 成鱼饲养	131
第一节 成鱼饲养的技术基础	131
一、生长	131
二、水量与饲养密度	132
三、饲料效率	133
四、影响成活率的因素	134
第二节 流水饲养	134
一、鱼池的合理结构	134
二、放养量	134
三、饲养管理	136
四、饲料	138
五、防病	142
六、高能量饲料的应用及应注意的问题	143
第三节 静水充气养殖	144
一、养殖条件	144
二、发眼卵的孵化	145
三、放养密度	145
四、投饲	145
五、水温调控	145
六、日常管理	146
七、分筛	146
八、鱼病防治	146
参考文献	146
第六章 自然水体的增养殖	148
第一节 自然水体的特征和增养殖形式	148
一、自然水体的特征	148
二、适宜养鱼面积的计算	148
三、增养殖方式	149
第二节 鲑科鱼类的增殖	150
一、适合放流增殖的种类	150
二、亲鱼采捕、采卵、孵化和仔、幼鱼培育	150

三、人工放流	151
四、标记技术	152
五、白鲢属鱼类的增殖	154
第三节 网箱养殖	154
一、选址	155
二、网箱的构造	156
三、网箱的制作	158
四、网箱的设置方式	160
五、网箱的排列	161
六、鱼种、放养密度及管理	162
第四节 围网(栏)养殖	164
一、围网(栏)养殖的优越性	164
二、选址	165
三、围网(栏)的建造	165
四、管理	166
参考文献	167
第七章 冷水性鱼类的工厂化养殖	169
第一节 工厂化养殖的特点与类型	169
一、工厂化养殖生产的特点	169
二、工厂化养殖的类型	169
第二节 工厂化养鱼设施	170
一、养鱼车间与鱼池系统	170
二、水质净化系统	171
三、辅助设施	174
第三节 封闭式循环水养殖系统	175
一、水循环系统的设计	175
二、水循环系统的设计方案	176
第四节 工厂化养殖技术	187
一、鱼池准备与设备试运转	187
二、养殖鱼类的选择与放养	187
三、饲养管理	188
参考文献	189
第八章 营养与饲料	194
第一节 鱼类的能量营养学概述	194
一、鱼类能量学的意义	194

二、能量分配	194
三、能量需要	195
第二节 蛋白质的营养需求	196
一、蛋白质在鱼类体内的消化利用过程	196
二、对蛋白的营养需求	197
三、对氨基酸的营养需求	199
四、必需氨基酸营养缺乏症	200
五、氨基酸间的相互关系	201
第三节 脂类的营养需求	201
一、脂类的组成及性质	201
二、脂类对鱼类的营养作用	202
三、鱼类脂类及脂肪酸组成的特性	203
四、对脂类和脂肪酸的需求	204
五、脂类营养的病理学	206
第四节 碳水化合物的营养需求	207
一、糖类的利用	207
二、对碳水化合物的需求	208
第五节 维生素的营养需求	208
一、维生素的种类及其生理功能	209
二、对维生素的需求量	209
三、维生素的营养病理	212
第六节 矿物质的营养需求	215
一、矿物质的一般生理功能	215
二、对矿物质的需求	216
三、矿物质缺乏症	217
第七节 饲料配方	218
一、饲料配方的设计	218
二、饲料配方技术	220
参考文献	229
第九章 病害防治	233
第一节 疾病的发生和预防	233
一、疾病发生的原因	233
二、养殖冷水性鱼类疾病的预防	235
第二节 疾病发生的预兆与诊断	237
一、养殖冷水性鱼类发病的预兆	237
二、疾病的诊断	238

第三节 冷水性鱼类养殖常见疾病的防治	238
一、由病毒引起的疾病	238
二、由细菌引起的疾病	245
三、由真菌引起的疾病	250
四、由寄生虫引起的疾病	253
五、营养性疾病	258
第四节 常用药物及使用原则	260
一、常用药物	260
二、药物的使用原则及给药方法	263
参考文献	264
第十章 繁育群体遗传性能的保护	265
第一节 养殖品种与品种的养殖性能	265
一、鱼类的品种概念	265
二、养殖条件下品种生产性能的退化	267
第二节 群体的遗传变异与近亲交配衰退	268
一、群体的遗传变异	268
二、近亲交配衰退	269
第三节 繁育群体遗传性能的保护	273
一、育成品种遗传性能的保护与提纯	273
二、自然品种的遗传保护	274
三、高技术育成养殖对象的遗传管理	277
参考文献	277
第十一章 鱼卵和活鱼的运输	279
第一节 影响运输成活率的主要因素	279
一、水	279
二、氧气	279
三、水温	280
四、水质	280
五、鱼体运动的影响	281
第二节 鱼卵运输	281
一、运卵工具	281
二、鱼卵包装和运输	282
三、运输注意事项	282
第三节 活鱼运输	283
一、运输前的准备工作	283

二、运输方法	284
参考文献	288
第十二章 冷水性鱼类的保鲜、加工及烹饪	289
第一节 冷水性鱼类的保鲜方法	289
一、低温保藏	289
二、气体保藏	291
三、电离辐射保藏	291
四、其他保鲜方法	291
第二节 冷水性鱼类的加工	292
一、干制品加工	293
二、腌制品加工	293
三、熏制品加工	293
第三节 冷水性鱼类的烹调方法	294
一、冷水性鱼类的烹饪原则	294
二、初加工	295
三、烹调方法	295
参考文献	300
附录	301
附录Ⅰ 虹鳟养殖技术规范 亲鱼	301
附录Ⅱ 虹鳟养殖技术规范 鱼苗、鱼种培育技术	301
附录Ⅲ 虹鳟养殖技术规范 网箱饲养食用鱼技术	304
附录Ⅳ 虹鳟养殖技术规范 池塘饲养食用鱼技术	305
附录Ⅴ 渔业水质标准	307

绪 论

一、冷水性鱼类的定义

冷水性鱼类是鱼类的一种生态类型，而非分类学概念。根据对环境温度变化的适应能力不同，可将水生生物分为两种类型：能够适应的温度变幅在 10°C 以内，称之为狭温性水生生物；可适应的温度变幅在 10°C 以上，则称之为广温性水生生物。广温性水生生物中，适温在 $25\sim 35^{\circ}\text{C}$ 的种类称为暖水性水生生物；适温在 $15\sim 25^{\circ}\text{C}$ 称为温水性水生生物；而适温低于 15°C 则称为冷水性水生生物，冷水性鱼类即属于此范畴（何志辉，2000）。

冷水性鱼类是指生存的水温范围为 $0\sim 20^{\circ}\text{C}$ （个别种类驯化后可达到 22°C ），无明显的生长下限温度，生长最适温度为 $12\sim 18^{\circ}\text{C}$ 的生态类群。它们自然分布于除北极圈以外的北温带和亚寒带水域， $\text{N}33^{\circ}\sim \text{N}73^{\circ}$ 的水域为其主要分布区域。冷水性鱼类以分布于北半球的海、淡水水域的鲑科鱼类为主体，此外，还有胡瓜鱼科、狗鱼科及鳕科的部分种类。

对冷水性鱼类的划分标准及涵盖范围的认定，不同的研究人员有不同的看法，目前多数学者赞同上述观点（Gall and Crandel, 1992）。另外，有一些观点倾向于将冷水性鱼类的范围界定得更加宽泛一些：张觉民（1990）认为，适应于寒带或亚寒带的水温条件，生活于不超过 $20\sim 22^{\circ}\text{C}$ 的较低水温环境中的鱼类均可称为冷水性鱼类。按此标准，我国内陆水域冷水性鱼类约为 56 种及亚种，隶属于 12 科 30 属，主要是鲑科鱼类和部分鲤科鱼类（包括北方地区的喜冷性种类以及从国外引进的 3 种）。董崇智等（2001）将冷水性鱼类定义为：生活于冷水水域中、栖息适温在 20°C 以下、繁殖适温在 15°C 以下的喜冷性鱼类和冷温性鱼类为冷水性鱼类。按此划分标准，我国内陆水域土著及人工移植的冷水性鱼类，共有 12 科 32 属 88 种和亚种，可称为广义概念的冷水性鱼类。

冷水性鱼类的大部分是由鲑科鱼类组成的，我们研究冷水性鱼类，在多数情况下是以鲑科鱼类为重点。目前，国内外对鲑科鱼类的称呼较为混乱。英文中，同一个属内既有鲑（salmon），又有鳟（trout）。我国对鲑鱼类的称呼也很不规范，习惯上将鲑科鱼类称之为鲑鳟鱼类。在《山海经·北山经》、《易经》及《论衡》等古文献中，曾将鲑形目的东方鲑称为鲑鱼，将鲤形目的赤眼鳟称为鳟。清末以来受日本学术思想的影响，将虹鳟〔在分类上曾属于鲑属（*Salmo*），目前已划归为大麻哈鱼属（*Oncorhynchus*）〕及褐鳟（曾用名亚东鲑）、欧鳟等其他鲑属鱼类称为“鳟”；而将鲑属的大西洋鲑、大麻哈鱼属、哲罗鱼属、细鳞鱼属、红点鲑属等其他鲑科的种类称为“鲑”，并广泛流传至今（李思忠，2000）。李思忠对此称谓曾提出异议，认为这在分类关系上易造成混乱，建议改“鳟”为“鲑”更为系统和易记，这一提议不无道理。本书中将鲑科（Salmonidae）的种类统称为鲑鱼类。

此外, 鲑科鱼类还有三文鱼等商品名称, 所谓的三文鱼是高档鲑科鱼类商品鱼的泛称, 是其学名及英文名 salmon 的译音。最初的商品鱼多为大西洋鲑, 由北欧进口。三文鱼一般个体较大, 肌肉纹理鲜明, 肌肉中富含虾青素而呈现橘红色或淡粉色, 可以制作生鱼片, 冷藏或冰鲜保存。

二、冷水性鱼类的生物学特点

冷水性鱼类的生物学特点及对环境的适应明显有别于温水性鱼类, 属于狭生态幅类型, 对水质和水温等条件要求比较严格。一般在以下几方面具有共同特点:

1. 对水温的适应 冷水性鱼类栖息环境的水温远低于温水性或广温性鱼类, 一般在 $0\sim 20^{\circ}\text{C}$, 生长适宜水温是 $8(12)\sim 18^{\circ}\text{C}$ 。有严格的上限水温, 超过 18°C 以后, 温度越高, 生长越慢; 超过 20°C , 生命活力、饲料效率和抗病力降低, 而死亡率增高; 在 25°C 的水体中, 会很快死亡; 繁育期水温一般不能超过 13°C , 否则性腺发育不良, 繁殖效果不理想。下限适温范围较大, 通常水不结成冰即能摄食, 有些种类在较低温度条件下, 仍然可以较好地摄食并生长; 性腺发育成熟、产卵和卵的受精、胚胎发育及稚鱼的生长发育等有关繁殖的生命活动没有明显的下限温度, 在 1.2°C 以下仍可正常进行。

2. 繁殖习性 大多数冷水性鱼类属于短日照型鱼类, 其性腺发育与光周期有密切的关系。在自然光照时间逐日变短、水温逐日降低的秋至冬季, 性腺发育成熟; 日照由长变短时, 是其性产物形成的关键时期。光照时间的变化可以改变其性成熟期。

绝大多数鲑科鱼类繁殖期, 多在全年光照最短的秋、冬季, 野生个(群)体的繁殖水温多在 8°C 以下, 在北半球一般为 10 月至翌年 2 月, 多数种类的繁殖高峰期是 12 月至翌年 1 月。寒冷地区有些种类的繁殖推迟到 4 月, 溪流开始解冻、饵料生物开始繁殖的早春, 如鲑科哲罗鱼属、细鳞鱼属、茴鱼属及胡瓜鱼科、狗鱼科、鳟科的部分冷水性鱼类。

鲑科鱼类性成熟、产卵和受精、胚胎发育及稚鱼培育的上限水温是 13°C , 超过 13°C 性腺发育失常, 成熟不良, 受精率、发眼率、孵化率降低, 稚鱼畸形率及死亡率增加。

鲑科鱼类的卵巢为半裸型卵巢, 发育至完全成熟阶段后, 如条件适宜卵巢系膜溶解, 卵粒散落于腹腔, 通过生殖漏斗进入生殖腔, 轻压腹部卵粒便可从生殖孔排出。成熟卵子可在腹腔中停留较长时间而不致过熟。多数鲑科鱼类对各种现有的渔用激素或催产剂不敏感或无效。

鲑科鱼类的卵细胞体积较大, 大的直径可达 8 mm , 卵黄的成分主要是脂肪类物质。受精卵的孵化期长, 胚前发育时间长达 $300\sim 600^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$; 孵出的仔鱼器官发育尚未完成, 尤其是摄食器官的发育尚未完成, 因此刚孵出的仔鱼不具有摄食能力, 胚后发育完成器官分化和发育, 形成具有泳动和摄食能力的稚鱼。

3. 生态适应 冷水性鱼类喜流水, 终生栖息于高透明度、澄澈清冷和无污染的水域中。其基础代谢水平高, 耗氧率高, 正常生存的溶解氧量为饱和含氧量的 80% 以上 ($>5\text{ mg/L}$)。由于对水质要求极为严格, 因而冷水性鱼类也可作为水域污染的指示生物。

4. 栖息类型 鱼类的栖息习性多样, 一般可分为定居型、洄游型和陆封型三种生态类群:

(1) 定居型鱼类 (resident fishes) 整个生活史中都在其出生地附近生活的鱼类, 称为定居型鱼类。黑斑狗鱼 (*Esox reicherii* Dybowski)、江鳕 [*Lota lota* (Linnaeus)] 等冷水性鱼类,