

冷水鱼养殖与 营养调控研究

常杰 著



中国农业科学技术出版社

冷水鱼

养殖与营养调控研究

常杰 著



中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

冷水鱼养殖与营养调控研究 / 常杰著. —北京: 中国农业科学技术出版社, 2015. 12

ISBN 978 - 7 - 5116 - 2431 - 4

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 317035 号

责任编辑 张国锋

责任校对 李向荣

出版者 中国农业科学技术出版社

北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081

电 话 (010)82106636 (编辑室) (010)82109702 (发行部)

(010)82109709 (读者服务部)

传 真 (010)82106631

网 址 <http://www.castp.cn>

经销者 各地新华书店

印刷者 北京富泰印刷有限责任公司

开 本 850mm × 1 168mm 1/32

印 张 5.625

字 数 160 千字

版 次 2015 年 12 月第 1 版 2015 年 12 月第 1 次印刷

定 价 38.00 元

版权所有 · 翻印必究

前 言

冷水鱼是生物进化过程中对于环境适应的奇妙典型。它们自然分布在高纬度、高海拔或者深海水域，要求水温较低且水质清新无污染。对生存水质的特殊要求，使它们成功进化出关键的基因型和表型的特征，完成在低温条件下的生命历程，也决定了其绿色环保的商业品质。冷水鱼体内不饱和脂肪酸含量高，是一类高蛋白、高脂肪，而胆固醇含量极低的鱼类，因其鱼肉品质极好、营养价值高，有助于健脑、预防心脏血管等疾病，并能有效抵抗某些类型的癌症和糖尿病等慢性病，故而具有很高的食用价值和保健价值，可谓是经济鱼类中的珍品，是目前发达国家人民的主流水产品，也被中国营养协会评为“向全国人民推荐的最佳健脑食品”。

冷水鱼养殖已成为我国水产养殖业新兴的一个领域，国内有哲罗鲑、细鳞鲑、黑龙江茴鱼、池沼公鱼、香鱼、江鳕等土著种类，又有虹鳟、大西洋鲑、大鳞大麻哈鱼、银大麻哈鱼、白点鲑、高白鲑等引进种类。然而，相较于大宗淡水鱼和海水经济鱼类，我国冷水鱼的规模化养殖和营养与饲料学基础研究以及应用技术研究还处于起步发展阶段，制约了大众对于冷水鱼的了解和大规模养殖的展开。因此，本书借鉴一些水产技术发达国家开展冷水鱼养殖和营养研发的经验，同时结合国内对本土冷水鱼营养研究的进展，以及内蒙古民族大学水产教研室承担的冷水鱼营养和繁殖营养国家课题的一些成果，从冷水鱼生物学概况、养殖知识和冷水鱼营养调控研究等方面进行了收集、总结和编撰，系统介绍了常见冷水鱼种类，包括生物特性，养殖技术及营养调控方面的内容。其中营养调控包括

了仔鱼摄食与消化、冷水鱼营养生理研究、冷水鱼营养需求量研究和冷水鱼营养与免疫几个部分。

本书是著者在教学、科研工作和生产实践的基础上，参考国内外大量的冷水鱼养殖及营养调控研究理论成果编著而成，具备科普性、实用性和可操作性。尤其是此领域的研究方法以及试验结果，对理论探讨和生产实践具有指导和示范作用，具有一定的学术意义和实用价值，是我国冷水鱼养殖和营养调控研究的专著，可供水产科技工作者、饲料科学工作者、大专院校师生及养殖企业人员参考。

本书在撰写和出版过程中得到了多方的相助。首先感谢国家自然科学基金（31260638，31360640和31460692）和内蒙古自治区高等学校“青年科技英才资助计划”项目（NJYT-14-B13）的经费支持。著者工作的单位内蒙古民族大学对教学、科研工作的支持，同行的研究成果和技术经验，牛化欣老师帮忙检查审阅，研究生白梦娇帮忙整理文献，还有在统稿过程中出版社编辑做了辛勤校勘工作……在此向诸位帮助支持本书出版的人员表示衷心感谢！由于著者业务水平和搜集的资料有限，书中难免有疏漏和错误，敬请广大同业者和读者们批评指正。

著者

2015年11月

目 录

第一篇 冷水鱼生物学概论及养殖

第一章 概论	3
第一节 冷水鱼主要养殖种类	3
一、鲑亚目 (Salmonoidei)	4
二、鲟形目 (Acipenseriformes)	15
三、胡瓜鱼亚目 (Osmeroidei)	20
四、鲾形目 (Pleuronectiformos)	22
五、鲈形目 (Perciformes)	22
六、狗鱼亚目 (Esocoidei)	23
参考文献	24
第二节 冷水鱼资源及养殖发展概况	26
一、鲑科鱼类及其养殖状况	27
二、鲟科鱼类	33
三、其他冷水鱼类	38
参考文献	41
第二章 冷水鱼生物学特征和生态学研究	44
第一节 虹鳟生物生态学特征和养殖环境	44
一、虹鳟的生物学特性	44
二、虹鳟对环境条件的要求	46
三、虹鳟发展前景与方向及养殖中存在的问题	49

参考文献	50
第二节 大西洋鲑生物学特性及其养殖生态学研究进展	51
一、大西洋鲑生物学	51
二、大西洋鲑人工养殖现状	55
三、养殖现状和发展趋势	56
参考文献	57
第三节 细鳞鲑生物学特性及养殖生态学研究进展	58
一、地理分布	59
二、细鳞鲑的生物学特性	59
参考文献	63
第四节 哲罗鲑生物学特性及养殖生态学研究进展	64
一、外形特征	65
二、生活习性	65
三、分布范围	66
四、养殖生态学	66
五、哲罗鱼的繁殖及人工养殖研究	67
参考文献	68
第五节 高白鲑生物学特征和养殖生态学研究	69
一、生物学特征	69
二、高白鲑的繁殖	71
参考文献	73
第六节 银鲑生物学及养殖生态学研究进展	74
一、银鲑对环境的要求	76
二、银鲑对饲料的要求	77
三、管理	78
参考文献	81
第七节 鲟鱼生物学特征和养殖进展	82
一、生物学特征	82
二、生活环境	83

三、养殖情况	83
四、养殖方式	84
参考文献	87
第八节 大菱鲆生物学特征和养殖进展	87
一、大菱鲆的生物学特征	88
二、亲鱼培育与人工繁殖	90
三、苗种生产	92
四、苗种生产条件及方法	97
五、成鱼饲养	104
参考文献	117
第三章 冷水鱼人工养殖模式	119
一、冷水鱼的基本知识	119
二、冷水鱼养殖条件	121
三、冷水鱼的发展前景与营养价值	122
参考文献	127

第二篇 冷水鱼营养调控研究

第一章 仔鱼摄食与消化	131
一、鱼类消化系统发育	131
二、开口（摄食）期	132
三、营养	133
四、冷水鱼仔鱼开口饵料的选择	134
五、EPA、DHA 和 ARA 的关系	135
参考文献	135
第二章 冷水鱼营养生理研究	138
一、蛋白质和氨基酸	138
二、脂肪和脂肪酸	139
三、维生素的种类及其生理功能	141

四、微量元素	144
参考文献	145
第三章 鲑鳟类冷水鱼营养需求量研究	149
一、鲑鳟鱼类对蛋白质与氨基酸的营养需求	149
二、鲑鳟鱼类对脂类和脂肪酸的需求	152
三、鲑鳟鱼类对糖类的利用	156
四、鲑鳟鱼类对碳水化合物的需求	156
五、脂肪对蛋白质的节约作用	157
六、冷水性鱼类对维生素的需求量	157
参考文献	158
第四章 冷水鱼营养与免疫	161
一、鱼类免疫系统	161
二、营养对冷水鱼类免疫功能的影响	163
三、展望	168
参考文献	168



第一篇 冷水鱼生物学概论及养殖

第一章 概 论

第一节 冷水鱼主要养殖种类

鱼类是用鳃呼吸并终生生活在水中的变温的脊椎动物。根据鱼类对水温的适应范围，鱼类可分为温水性、热水性、冷水性和亚冷水性鱼类。冷水鱼，顾名思义，就是指适应在较低水温中生活生长的鱼类。其中以鲑鱼、鳟鱼、香鱼和多数银鱼为代表的鱼类，最适生长温度在 12 ~ 18℃，称为冷水性鱼类；大菱鲂和大眼狮鲈等鱼类适宜温度 17 ~ 20℃，对水温的适应能力介于温水鱼类和冷水鱼类之间，属于冷温性鱼类；以鲟鱼、裂腹鱼为代表的一类鱼生长温度稍高，最高可达 27℃，称为亚冷水性鱼类。为了称谓方便，习惯将冷温性鱼类和亚冷水性鱼类也归入冷水鱼范畴。因此，本书中所称冷水鱼也包含冷水性、冷温性和亚冷水性鱼类。

冷水鱼主要栖息于高海拔或是高纬度的冷水域中。其常年栖息水温不超过 20℃，繁殖适温不超过 15℃，因此它们大多栖息在北纬 45° 以北的高纬度或高海拔的冷水水域中。冷水鱼属于营养学中高蛋白、高脂肪的鱼类。它们肌肉中含有丰富的氨基酸、不饱和脂肪酸、矿物质和维生素。另外，EPA 和 DHA 含量高于其他鱼类数倍，胆固醇含量几乎为零。因此食用冷水鱼类有助于健脑、预防心脏血管等疾病，并能有效抵抗糖尿病等慢性病，具有很高的营养价值和药用价值，是食用经济鱼类中的珍品。

目前全世界范围内已经进行了人工养殖的冷水鱼类达近 80 种。

鲑鳟鱼类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,从 1991 年产量不足 40 万 t,到 2005 年达到 195 万 t,产量仅在鲤鱼和罗非鱼之后。鲟鳇等冷水鱼养殖业也在世界各国崛起,发展潜力巨大。目前,冷水鱼已成为欧美等国家人民的主流水产食品。全球冷水鱼年需求量约 500 万 t,年产量约 100 万 t。国内冷水鱼年需求量约 13 万 t,而年产量仅约 1 万 t,随着国民经济的快速发展和人民生活水平的不断提高,预计每年对冷水鱼的需求量会以 35%~40% 的速度递增。目前我国冷水性鱼类供需缺口大,主要依靠进口。综上,从国际和国内市场需求来看,冷水鱼的发展空间还很大,市场前景非常好。

本节通过对冷水鱼种类和生物学特点的介绍,包括鲑亚目、胡瓜鱼亚目、狗鱼亚目、鲟形目、鲟形目、鲈形目等大宗冷水鱼经济种类。主要内容涉及其分类学特征、生态分布和基本生活习性,为我国开展冷水鱼科学研究和大规模养殖提供资料,并且广泛开展冷水鱼工业化养殖提供参考和借鉴。

一、鲑亚目 (Salmonoidei)

鲑亚目是鲑形目最重要的一个亚目,主要为冷水性鱼类。鲑亚目种类经济价值高,占世界渔业总产量第三位。自 20 世纪 90 年代初起,海淡水洄游鱼类世界产量的一半多来自鲑科鱼类,2001 年达到 70.4% 高峰。总产值近几十年鲑鳟鱼在国际贸易中份额 2010 年超过 14%。鲑亚目鱼类大多数种类为洄游鱼类,在海洋中生长肥育,长成后洄游到江河中产卵,幼鱼在淡水生活一段时间后又降河入海生活。鲑亚目有 2 科,通常具有一脂鳍。鲑科背鳍基底短,背鳍条 17 以下;茴鱼科背鳍基底颇长,背鳍条 17 以上。

鲑科鱼类 (Salmonidae)

鲑科隶属于硬骨鱼纲 (Osteichthyes) 辐鳍亚纲 (Actinopterygii) 鲑形目 (Salmoniformes)。此科主要特征为上下颌、犁骨、腭骨及舌常有牙齿。鳍无鳍棘及硬刺。背鳍 2 个,后一为脂鳍。腹鳍条多于 7,腹位,鳍基有一长腋鳞。体被圆鳞,头部无鳞。有侧

线。鳃盖膜分离且不连喉峡。鳃膜条骨 720，有中喙骨及辅颌骨。顶骨位额骨与上枕骨之间（如白鲑属）或两侧（如鲑属）。有或无眶蝶骨及上前鳃盖骨。幽门盲囊 11~210 个。鳔有管通食道。此科化石始于欧洲中世纪。全世界有 3 亚科，分别为白鲑亚科（Coregonidaeinae）3 属 32 种；鲑亚科（Salmoninae）7 属 30 种；茴鱼亚科（Thymallinae），约 1 属 5 种。主要分布在北半球的淡水和海水中，是北半球洄游性鱼类。

1. 白鲑亚科（Coregoninae）

全世界有 3 属 32 种。牙不发达，小或无。无上前鳃盖骨，有下筛骨及膜蝶耳骨。我国产 2 属 3 种，均仅见于黑龙江水系。白鲑亚科中主要的鱼类有以下类型。

落基山白鲑（Mountain Whitefish），主要分布于北美落基山脉的高山湖泊与河流，是一种北美西部、加拿大西部和太平洋西北分布最广泛的鲑鱼。体型因地而异，一般在 20~40cm，外形类似北极茴，有细鳞，身体修长，近圆柱截面。背鳍 12~13 鳍条，臀鳍 11~13 鳍条，腹鳍 10~12 鳍条，胸鳍 14~18 鳍条。尾鳍分叉。已有记录体长高达 70cm 和重量 2.9kg。食物有水生昆虫等。

湖白鲑（Lake Whitefish），主要分布于美国北部和加拿大的冷水湖泊及五大湖区域的山间溪流和湖泊间，倾向于生活在大型、至少有 1m 深度的深潭水域。体形相对于落基山白鲑更为扁平，一般在 50cm 左右，有一个脂鳍。颜色通常是银色、白色或棕色，尾后端变黑，尾鳍分叉较大，游泳迅速。冬季及夏季会游往深水区域。湖白鲑在内陆湖泊重量可以超过 2.3kg，平均 1.8kg。它们可以长到 79cm，一般体长达到 51cm。主食湖中小鱼及昆虫。

白北鲑（Nelma），生活在西伯利亚及加拿大育空河（Yukon River）流域，是溯河产卵的鱼类，长达 150cm。该鱼有大嘴、突出的下腭和高尖背鳍，成年鱼重 14~25kg。第一年鱼吃浮游生物，然后成为小型鱼类的捕食者。它们生活在湖泊、河流和半咸水的河流，进入海洋，并可能迁移 1500km 产卵，属于洄游产卵鱼类。为商品鱼种，爱斯基摩人会用冰钓的方式在冬季捕捉此鱼。

2. 茴鱼亚科 (Thymallinae)

仅茴鱼属 (*Thymallus*), 共 4 ~ 5 种。属的特征为背鳍基长, 鳍条不少于 17, 上缘圆凸。嘴小上颌骨具牙齿, 最引人注目的是雄性成鱼具有帆状的艳丽的背鳍。鳍较长, 有红色、橙色、紫色或绿色斑点。身体也是丰富多彩, 背面是蓝色、深紫色、黑色或灰色, 侧翼深蓝色或银灰色, 腹部灰色或白色。一些学者主张将此亚科另立一科, 即茴鱼科 (*Thymallidae*)。该科鱼类主要分布于北半球北部。我国产 1 种 3 亚种。

3. 鲑亚科 (Salmoninae)

全世界有 7 属约 100 种。即细鳞鱼属 (*Brachymystax*) 3 种、哲罗鱼属 (*Hucho*) 5 种、太平洋鲑属 (*Oncorhynchus*)、大西洋鲑属 (*Oncorhynchus*) 14 种、鲑属 (*Salmo*) 29 种、红点鲑属 (*Salvelinus*) 49 种、茴鲑属 (*Salvelinus*) 1 种。我国产 1 属 11 种。此亚科背鳍基短, 鳍条少于 16 根; 鳞细小, 侧线鳞多于 110 枚; 两颌、犁骨、腭骨及舌上都有牙, 牙发达。有上前鳃盖骨。大家一般所提及的三文鱼、细鳞鲑、哲罗鱼、鳟鱼都属于其中。每一属都有显著的特点, 同属的鱼相似度比较高, 有同一属的鱼也分洄游种及不洄游种, 颜色也有显著不同 (表 1-1-1)。

表 1-1-1 冷水鱼鲑亚科种类

亚科 Subfamily	属 Genus	种 Species
鲑亚科 Salmoninae	大麻哈鱼属 <i>Oncorhynchus</i>	马苏大麻哈鱼 <i>masu salmon</i>
		割喉鳟 <i>Cutthroat trout</i>
		驻背大麻哈 <i>O. gorbusha</i>
		陆封型大麻哈 <i>O. keta</i>
		大麻哈鱼 <i>Chum salmon</i>
		虹鳟 <i>Rainbow trout, steelhead</i>
		细鳞大麻哈 <i>Pink salmon</i>
		山女鳟 <i>O. masou masou</i>
		大鳞大麻哈鱼 <i>Chinook salmon</i>
		红大麻哈鱼 <i>Sockeye salmon</i>
		银大麻哈鱼 <i>Coho salmon, silver salmon</i>
玫瑰大麻哈鱼 <i>O. rhodurus</i>		
克氏大麻哈鱼 <i>O. clarki</i>		

(续表)

亚科 Subfamily	属 Genus	种 Species
鲑亚科 Salmoninae	红点鲑属 <i>Salvelinus</i>	红点鲑 <i>Alpine charr</i>
		白点鲑 <i>S. leucomaenis</i>
		北极红点鲑 <i>Arctic char</i>
		溪红点鲑 <i>Brook trout</i>
		亮红点鲑 <i>Siberian char</i>
		花羔红点鲑 <i>Dolly varden</i>
		银红点鲑 <i>S. namaycush</i>
	湖红点鲑 <i>Lake trout</i>	
	哲罗鲑属 <i>Hucho</i>	太门哲罗鲑 <i>Hucho taimen</i>
		远东哲罗鲑 <i>Far East taimen</i>
		多瑙河哲罗鲑 <i>huchen</i>
		布氏哲罗鲑 <i>Sichuan taimen</i>
		川陕哲罗鲑 <i>Hucho ishikawae</i>
	石川哲罗鲑 <i>Korean taimen</i>	
细鳞鲑属 <i>Brachymystax</i>	秦岭细鳞鲑 <i>B. lenok tsinlingensis</i>	
	尖吻细鳞鲑 <i>B. lenok</i>	
	钝吻细鳞鲑 <i>B. tumensis</i>	
	大西洋鲑 <i>S. salar</i>	
鲑属 <i>Salmo</i>	平头鲱 <i>S. platycephalus</i>	
	钝吻鲑 <i>S. obtusirostris</i>	
	褐鲱 <i>S. trutta</i>	
	野鲱 <i>S. letnica</i>	
白鲑亚科 Coregoninae	白鲑属 <i>Coregonus</i>	乌苏里白鲑 <i>C. ussuriensis Berg</i>
		卡达白鲑 <i>C. chadary Dybowski</i>
		秋白鲑 <i>C. autumnalis</i>
		高白鲑 <i>C. peled</i>
		加拿大白鲑 <i>C. artedi</i>
茴鱼亚科 Thymallidae	茴鱼属 <i>Thymallus</i>	黑龙江茴鱼 <i>T. grubii</i>
		鸭绿江茴鱼 <i>T. arcticus yaluensis</i>
		北极茴鱼 <i>T. arcticus arcticus</i>

细鳞鲑属 (*Lenok*), 细鳞鲑的体形为中等大小, 略呈纺锤形, 稍侧扁, 体长为 17 ~ 45cm, 体重为 0.5 ~ 1.5kg, 最大个体可达

6~8kg。吻钝，微突出，上颌稍长于下颌。口小，在身体前端，位置较低，口裂可抵达眼的中央。唇较厚。上颌骨宽且外露，后端伸达眼中央的下方。眼较大，位于头的侧上方，眼的上缘几乎与头的上缘持平，两眼之间平坦或中央微凸。两鼻孔很邻近，约位于吻中部。鳃孔大，位于侧面，向前达眼的中央或稍前下方。牙齿较多，上颌齿46枚，下颌齿26~28枚，犁骨齿与腭骨齿各有一行尖齿，共约32枚，排列呈马蹄形。舌厚，前端游离，舌上也有齿，左右各5枚，排列呈“V”字形。有假鳃。鳃耙19~24个，外行为长扁形，内行小块状。鳃盖膜分离亦不与狭部相连。体表被圆形鳞片，非常细小，头部无鳞，侧线稍呈侧上位，侧线鳞有140~150个。背鳍外缘向后倾斜，平直或微凹。脂鳍与臀鳍相对，脂鳍基稍后于臀鳍基。胸鳍位于侧中线的下方，呈尖刀状。腹鳍位于体长中点的稍后处，其起点正对着背鳍基的中部，鳍基有一个长形腋鳞。尾鳍浅叉状。肛门紧靠臀鳍基的前方。身体背部黑褐色，背鳍前颜色较深，两侧为淡绛红色，至腹侧渐呈银白色。背部及身体两侧侧线鳞以上及脂鳍上，还散布多个长圆形黑蓝色圆斑。腹鳍为棕色。在繁殖季节，身体侧面渲染的红色更加艳丽。

分别有细鳞鱼 (*Brachymystax lenok*)、秦岭细鳞鱼 (*Brachymystax lenok tsinlingensis*) 和萨氏细鳞鱼 (*Brachymystax savinovi*)。分布于俄罗斯和蒙古的河流当中，我国东北大兴安岭地区及秦岭也有分布。其斑点类似褐鲟和哲罗鲑，但嘴部类似白鲑及茴鱼，为国家二级保护动物。秦岭细鳞鲑是我国独有的细鳞鲑亚种。

哲罗鲑属 (*Hucho Taimen*)，体长略侧扁，呈圆筒形。头部平扁，吻尖，口裂大，端位。上颌骨明显、游离，向后延伸达眼后缘之后。上下颌、犁骨和舌上均有向内倾斜的锐齿。鳞极细小，椭圆形，鳞上环片排列极为清晰，无辐射沟，侧线鳞193~242枚，侧线完全。脂鳍较发达。背部青褐色，腹部银白。头部、体侧有多数密集如粟粒状的暗黑色小十字形斑点。幽门盲囊205~219个。产卵期雌雄体显示出青铜色，腹鳍及尾鳍下叶为橙红色，雄鱼更加明显。