

鱼类营养与配合饲料

林鼎

毛永庆

中山大学出版社

内 容 简 介

本书主要从营养学角度阐述鱼类营养与配合饲料方面的基本知识。以较大的篇幅介绍鱼类配合饲料的理论基础——鱼类对营养物质（蛋白质、糖、脂肪、维生素、无机盐等）和能量的需求、鱼类消化吸收和代谢等，以一定篇幅介绍配合饲料的原料及其营养价值、配方设计原理和方法，以及饲料的营养评价方法。最后简要介绍配合饲料的科学投饲技术要点。书末附有常用饲料成份表及饲料常规质检方法。

本书可供从事水产、饲料工艺、动物营养等研究工作的科技工作者和有关专业的大、中专院校师生以及中等文化水平的读者参考。

序

饲料是发展水产养殖业的物质基础。我国鱼类养殖的营养需要量和饲料研究起步较晚，是继鱼病防治研究、家鱼人工繁殖研究之后，于八十年代初期才引起有关领导的重视，于“六五”期间列入国家重点攻关项目。中山大学鱼类研究室于七十年代初期就开始草（鲩）鱼的饲料研究，在国家教委、广东省农委、省饲料办和省水产局，以及佛山地区各县水产局的积极支持下，经过十几年的努力，在鱼类营养和饲料研究方面已取得较大进展，研究成果已在生产上推广应用。编者在多年研究的基础上，收集国内外有关的文献资料，编写成《鱼类营养与配合饲料》一书奉献给读者，书中着重阐述了鱼类营养学基本理论和应用知识，并着力反映我国这方面的研究成果和进展，这无疑对我国鱼类营养学科的建立和发展做出了良好的开端。本书作为水产院校及“鱼类营养”培训班试用教材及从事水产养殖工作者参考使用。

鱼类营养学是一门新兴分支学科，内容涉及生物化学、生理学、鱼类生理学、鱼类生态学、营养学、组织学、病理学、水化学及鱼类养殖学等学科，所以，它是一门综合性学科。国外的鱼类营养研究多偏重于冷水性鲑鳟鱼类，对温水性除鲤鱼、斑点叉尾鲇等研究较多外，我国养殖鱼类鲜见研究。我国淡水鱼类养殖历史悠久，经验丰富，但对鱼类营养和饲料方面还未能提高到理论上来认识，今后应该大力开展这一领域的理论和应用的研究。

长期以来，淡水养殖传统使用单一饲料，因而，使鱼类

生长缓慢，饲料利用率低，而且产品质量差。近年，提倡使用混合饲料后，不少人认为只要将几种原料混合后就可以压成颗粒饲料，结果这种凑合饲料并没有改变单一饲料的弊端，反而增加饲料的成本，产生营养性疾病，大大降低产品的质量，影响在国际市场上的竞争能力，就草(鲢)鱼而言，普遍发生脂肪肝病，市场上出现“大肚鲢”，使过去享有盛誉的鲢鱼，肉质反而不如鳙鱼和鲢鱼，不受消费者的欢迎。

因此，鱼类营养学赋有系统阐明鱼类营养基本理论和原理的同时，亦赋有提供制定科学饲料配方的应用原理和知识。可见，鱼类营养学本身有着理论和应用研究的双重任务。

鱼类营养学的发展，从宏观上对蛋白质、脂肪、糖、无机盐和维生素等五类主要营养素的需求已作了较多的研究，现在深入到各营养素之间的关系，各种氨基酸的定性和定量，氨基酸之间的平衡，必需脂肪酸的作用以及营养素在体内的代谢研究等等。今后需要从分子水平上开展深入的研究，这将是鱼类营养学的发展方向。

饲料源开发也是一个问题，如何因地制宜开发和合理使用本地的饲料资源也需要很好地研究。

最后，再次强调，鱼类营养学是一门综合而复杂的学科，本书仅提供有关这方面的一些基础知识，许多空白都还等待我们去填补和提高，书中一些不足和错误之处在所难免，都希望读者本着爱护的精神提出修改的意见，共同提高，是所切盼。

廖翔华

1987. 9. 10.

、 绪 言

鱼类必须从外界得到食物才能生存。食物在鱼体内被分解成各种有用成份和被吸收利用的过程称为营养。食物中有用的成份称为营养成分或营养素 (nutrient)，主要有：蛋白质、脂肪、糖、维生素和无机盐等，它们是机体组织细胞生长、发育、修补和维持各器官功能所必须的原料。营养的作用就在于机体从食物中获得能量、合成与补充机体组份及体内生物活性物质。所以，机体营养过程包括了体内物质代谢与能量代谢两个相互联系的过程。研究鱼类营养的科学称鱼类营养学，它比人体营养学、动物营养学发展得更晚些。

鱼类营养学的发展促进了现代鱼用饲料工业和现代鱼类养殖业的发展。而国外先进经验证明，饲料工业是养殖业的坚强支柱。美国饲料工业兴起于十九世纪末，近二十年来，规模迅速扩大，配合饲料工业已成为全国八大工业部门之一。日本饲料工业也十分发达，大部分饲料厂生产过程都由电脑控制。由于饲料工业发展，饲料效率不断提高，大大促进了养殖业的发展。日本情况足以充分说明，日本鱼用配合饲料的开发利用深受美国的影响。美国经过长期努力，在获得冷水性鲑鳟鱼类营养研究成果基础上，研制了鲑鳟鱼的配合饲料、使养鱼产量得到提高。日本吸收美国先进技术和经验，并在国内致力于鲑鳟鱼类，以及鲤鱼、鳊鲃、香鱼等主要养殖鱼类营养和配合饲料研究，研究成果于1959年正式在生产中应用。至1985年内陆水域养鱼产量达到97,281吨，与

1965年33,096吨相比, 20年约增长3倍, 相应养鱼配合饲料产量增长了3.5倍, 与鱼产量的增长成正的相关, 结论是使用配合饲料养鱼促使了鱼产量不断增长。目前日本淡水养鱼中已全面采用配合饲料, 它的饲料系数约为1.4~1.5左右, 饲料效率相当高, 其根本原因是由于日本鱼用饲料工业建立在坚实的鱼类营养和饲料加工技术研究成果基础上。

此外, 日本海水鱼饲料方面, 据1984年统计资料, 鲷鱼、真鲷、牙鲆、银大麻哈鱼、以及对虾等年产量约19.24万吨, 年消耗饲料约172.5万吨, 总饲料系数为8.96。其中鲜鱼和冷冻鱼作饲料约占95% (167万吨), 配合饲料仅占5%以下 (5.48万吨), 所占比例还相当低。因此, 目前日本正在积极推进海水养殖鱼类营养和饲料开发研究以适应海水鱼类养殖的发展。

我国鱼用配合饲料的研制开始于1958年前后, 由于没有同时重视鱼类营养基础理论研究, 所以进展不大。1983年国家把我国主要养殖鱼类营养和饲料等列入重点科技攻关项目, 经过努力取得成效, 鱼用配合饲料进入了推广应用阶段。同时还制定了饲料工业发展纲要, 这对建设鱼用饲料工业的完整体系起了有力的指导和推动作用。

目前, 全国已建立了不少鱼用饲料厂, 但是配合饲料质量较差。因此, 当务之急是如何使已经建成的鱼用饲料厂生产出质量合格的配合饲料, 并使其在水产养殖生产中发挥应有的生产效益。

要提高配合饲料在养鱼中的生产效益, 问题虽然复杂, 但可以从鱼用配合饲料研制、加工和投饲等三方面进行研讨 (图1)。

图中: (1) 鱼类营养研究和饲料配方设计, (2) 配

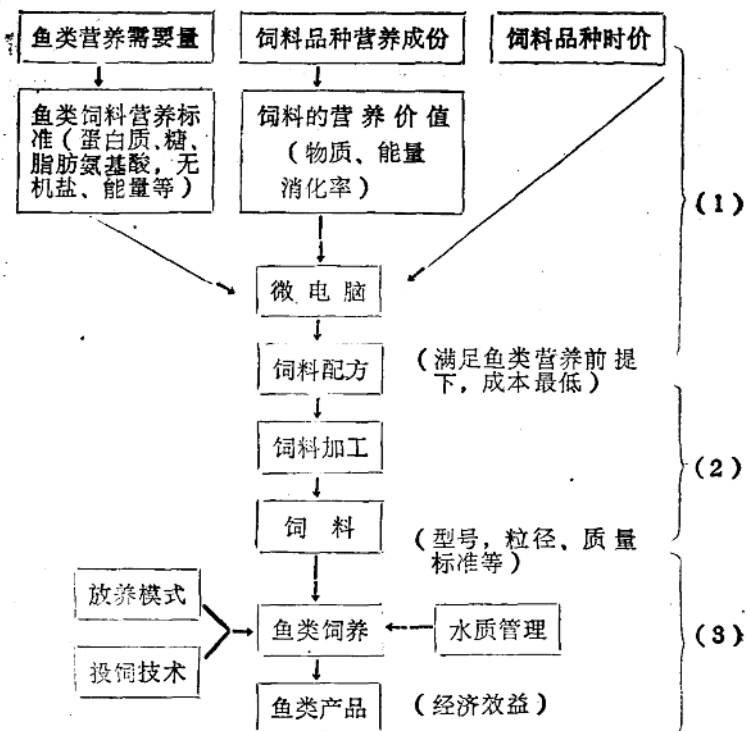


图1. 鱼用配合饲料和养鱼

合饲料生产的加工工艺；(3) 配合饲料养鱼技术。这三个环节是有机联系的。本书内容也就是沿着图中纵轴的这三个环节，有重点地展开阐述。关于鱼类营养学方面，仅选出与配合饲料密切相关的、最为基础的鱼类营养需求，消化吸收等

内容进行阐述。配合饲料方面，仅着重于饲料原特性与营养价值、配合饲料设计原理、加工储存要点、饲料营养评价等内容，不涉及加工设备和加工工艺学等专门知识；鱼类养殖方面也仅仅从养鱼过程中如何科学使用饲料的投饲技术加以提示，不包括养鱼各个技术细节。

目 录

第一章 鱼类需要的营养索和能量	(1)
第一节 蛋白质和氨基酸	(2)
一、鱼体对被吸收的氨基酸的利用	(2)
二、代谢性氮和内源性氮的排泄	(4)
三、蛋白质氮的平衡	(5)
四、鱼类对蛋白质的需要量和饲料中蛋白质最 适含量	(6)
五、鱼类的必需氨基酸	(13)
六、非必需氨基酸的价值	(17)
七、蛋白质的营养价值	(19)
八、合成氨基酸的利用	(22)
九、可利用的氨基酸	(23)
第二节 糖 类	(23)
一、鱼类对糖的利用	(24)
二、鱼类对糖类需要量及饲料中糖类的价值	(26)
第三节 脂 肪	(28)
一、鱼类的必需脂肪酸	(29)
二、鱼类饲料中脂肪需要量	(31)
三、脂肪对饲料蛋白质节约效果	(32)
四、氧化脂肪的毒性	(33)
第四节 维生素	(34)
一、鱼类对维生素的需要量	(36)

二、维生素缺乏症·····	(39)
三、饲料中维生素的添加·····	(39)
四、其它营养素对维生素需要量的影响·····	(44)
第五节 无机盐和微量元素·····	(45)
一、鱼类对钙和磷的需要及其缺乏症·····	(46)
二、鱼类对钙和磷的利用·····	(48)
三、鱼类对钙和磷的需要量·····	(49)
四、其它无机盐·····	(50)
第六节 能 量·····	(54)
一、饲料营养素的能量·····	(55)
二、鱼类生长需要的能量·····	(58)
三、饲料能量和蛋白质比·····	(60)
第七节 营养素之间的相互关系及营养性脂肪肝 ·····	(61)

第二章 鱼类消化和吸收·····	(67)
第一节 消化酶·····	(67)
一、蛋白 酶·····	(68)
二、糖 酶·····	(69)
三、脂 酶·····	(71)
四、食性和消化酶的关系·····	(71)
第二节 蛋白质、氨基酸的吸收·····	(73)
第三节 糖类的吸收·····	(74)
第四节 脂肪的吸收·····	(75)
第五节 水和无机盐的吸收·····	(76)
一、水·····	(77)
二、钠和钾·····	(78)

三、氯化物	(78)
四、钙和镁	(78)
五、磷酸	(79)
六、铁	(79)
 第三章 鱼类对营养素的消化吸收率	(80)
第一节 鱼类消化率测定方法	(80)
一、体外消化试验测定法	(81)
二、体内消化试验测定法	(81)
第二节 各营养素的消化率	(84)
一、蛋白质消化率	(84)
二、糖与脂肪消化率	(85)
三、草食性鱼类对各营养素的消化率	(85)
 第四章 配合饲料原料及其营养价值	(88)
第一节 饲料原料的分类	(88)
第二节 动物性饲料原	(90)
一、鱼粉	(90)
二、蚕蛹	(91)
三、血粉	(92)
四、羽毛粉	(92)
五、肉粉、骨肉粉、骨肉粉	(93)
六、环节动物	(93)
第三节 植物性饲料原	(94)
一、籽实类	(94)
二、油饼(粕)类	(97)
三、糠麸类	(100)

四、糟渣类.....	(101)
五、草、叶粉类.....	(101)
第四节 微生物类.....	(101)
第五节 饲料添加剂.....	(102)
一、氨基酸添加剂.....	(103)
二、维生素添加剂.....	(104)
三、无机盐添加剂.....	(104)
四、防腐(霉)剂	(105)
五、抗氧化剂	(105)
六、 粘剂	(106)
七、着(增)色剂.....	(107)
 第五章 鱼用配合饲料.....	(108)
第一节 配合饲料配方设计原理与计算.....	(110)
一、配合饲料配方设计原理.....	(110)
二、饲料配方的计算方法.....	(111)
第二节 配合饲料加工和质量检测.....	(117)
一、加工 工艺	(117)
二、配合饲料种类和形态	(118)
三、配合饲料质量检测与贮藏	(121)
第三节 配合饲料养鱼效果.....	(122)
一、草鱼	(122)
二、青鱼	(124)
三、团头鲂	(125)
 第六章 鱼类饲料营养价值的评价.....	(127)
第一节 化学评价法.....	(127)

一、能量—蛋白质比.....	(127)
二、蛋白价.....	(127)
三、必需氨基酸指数.....	(128)
第二节 生理—生化评价法.....	(129)
一、消化生理评价.....	(129)
二、蛋白质营养价值的评价.....	(131)
第三节 生物学评价法.....	(135)
一、相对生长率.....	(135)
二、特定生长率.....	(135)
三、饲料系数.....	(136)
四、饲料效率.....	(137)
第四节 测定指标的评价与选择.....	(137)
 第七章 投饲技术.....	(139)
第一节 影响投饲率的因素.....	(139)
一、溶氧.....	(139)
二、水温.....	(140)
三、体重.....	(140)
四、种类.....	(140)
第二节 投饲率与投饲公式.....	(141)
一、存塘量计算.....	(141)
二、投饲率表的运用.....	(144)
三、投饲公式.....	(145)
第三节 投饲方式.....	(147)
 附录一、饲料质量检查与营养成份分析*	(149)
样品采集、制备与保存.....	(149)

饲料中异物的鉴定.....	(150)
水分的测定.....	(152)
总灰分的测定.....	(152)
粗脂肪的测定.....	(153)
粗蛋白质的测定.....	(154)
粗纤维的测定.....	(157)
无氮浸出物的计算.....	(159)
钙的测定.....	(159)
磷的测定.....	(161)
花生粕中黄曲霉的测定.....	(162)
菜籽粕中OZT的测定.....	(165)
棉籽粕中的游离棉酚的测定.....	(167)
附录二、维生素与无机盐配方.....	(172)
一、鱼类营养试验常用维生素配方.....	(172)
二、鱼类营养试验常用无机盐与微量元素配方.....	(173)
附录三、常用饲料营养成份表.....	(176)
表Ⅰ 饲料一般营养成份参考值.....	(176)
表Ⅱ 饲料氨基酸含量参考值.....	(183)
表Ⅲ 饲料维生素含量参考值.....	(190)
表Ⅳ 饲料微量元素含量参考值.....	(196)
推荐参考书目.....	(203)

第一章 鱼类需要的营养素和能量

鱼类和陆生动物一样需要蛋白质、脂肪、糖、无机盐和维生素等营养素维持其生命活动。如果缺乏其中一种或多种必需的营养物质，将导致生长减慢、鱼病发生。长期缺乏将引起死亡。在鱼类养殖过程中，这些营养物质可能来自单一的商品饲料或人工配合饲料，或来自天然饵料生物。如果鱼类饲养于缺乏天然饵料的人工环境中，投喂的人工饲料营养必需是完全和平衡的；如果饲养于有天然饵料的环境中，但为了加速鱼类生长，饲养中往往还要添加人工饲料，这部分饲料的营养，最好也是完全和平衡的。

从鱼类营养学来考虑，鱼类人工配合饲料，首先应该含有鱼类所需要的一切营养素。通过这些营养素可以满足养殖鱼类生命活动所需要的热能；提供鱼体组织细胞生长发育与修复的材料；并维持机体的正常生理功能。其次，鱼类所摄入的食物（饲料）应该易于消化，并能促进食欲。再者饲料中不应含有对鱼类有害物质，或对鱼体无害，但会在鱼体积累对人体有害物质。每日投喂的饲料，只有满足营养要求，才能维持鱼体的正常生长和健康。

鱼类种属之间，营养需要差别很大，尤其是温水性鱼类和冷水鱼类之间差别就更大。我国鱼类营养需要量研究起步比较晚，直到八十年代初期才开始发表有关草鱼、青鱼蛋白质需要量研究报告（林鼎、毛永庆、蔡发盛，1980；杨国华、李军等，1981）现已初步查明我国池圪主要养殖鱼类，如草

鱼、青鱼、团头鲂、鲢鱼等的营养需要量。此外，对于鲤鱼、非鲫、鳊鲮和对虾的营养需要量也作了一些研究。

第一节 蛋白质和氨基酸

蛋白质是生物体的主要组成成份，一切细胞和组织都由蛋白质组成。在大多数细胞中，蛋白质约占细胞干物质的90%以上。在鱼类，蛋白质约占鱼体湿重的16~18%左右。蛋白质分子中含有碳、氢、氧和氮，另外还含有硫和磷，而由于食物提供的脂肪和糖，它们只含有碳、氢和氧，不含氮，所以，蛋白质是鱼体中唯一氮的来源，这是脂肪和糖所不能代替的。

鱼体有许多具有重要生理作用的物质，是由蛋白质构成的。例如，对代谢过程具有催化和调节作用的酶和激素；承担氧运输的血红蛋白；进行肌肉收缩的肌纤维凝蛋白（myosin）和构成机体支架的胶原蛋白等都是以蛋白质为主构成；此外，体内酸碱平衡的维持，水分在体内正常分布和遗传信息的传递以及许多重要物质的转运都与蛋白质有关。所以，蛋白质是生命存在的形式、也是生命的物质基础。

此外，鱼类生命活动过程中，蛋白质还作为一部分的热能被消耗。

另一方面，从养鱼经济成本考虑，蛋白质是比糖类和脂肪昂贵。因此，饲料中的蛋白质含量应限制在能满足鱼体组织修复和最大生长需要为限度。至于能量应从廉价的糖类和脂肪来提供。因此，要从营养学 and 经济学两个方面来考虑配合饲料中蛋白源饲料和能量饲料的合理比例。

一、鱼体对被吸收的氨基酸的利用

被鱼类摄取的饲料蛋白质在消化管内消化分解为氨基酸

才被吸收，被吸收的氨基酸在体内主要有三个方面功用：
(1) 用于组织蛋白质的更新、修复，以维持蛋白质的现状。
(2) 用于生长(蛋白质质量的增加)及(3) 作为能源消耗。这种关系可以用下面方程式来表示：

$$I = I_m + I_g + I_e$$

式中： I ——代表被吸收的氨基酸；

I_m ——代表用于蛋白质更新和组织修复的氨基酸
(用于维持蛋白质现状的氨基酸)。

I_g ——代表用于生长的氨基酸

I_e ——代表分解作为能源的氨基酸

上式， I_m 和 I_g 的功用是蛋白质固有的营养效果，是其它营养素无法代替的，为必需的营养素。 I_e 的功用，在理论上可以由脂肪和糖来代替。

I_m 的氨基酸量与鱼体代谢中排泄在尿液及粪里的代谢性氮和內源性氮的排泄量是相当。且随鱼的大小而增减，亦随水温高低而变动，但是，在一定条件下，对于各种鱼来说则是一定的。

I_g 氨基酸量，随鱼的生长阶段而不同，一般随生长而逐渐减少，当达到最大生长时，可以说是近于零，此时上式 $I = I_m + I_e$ 。与 I_e 量相比，随生长 I_m 量是逐渐增加的，但是相对增加较少，所以单位鱼体重的蛋白质的需要量是随鱼体生长而有逐渐减少的趋势。

鱼体吸收的氨基酸是被用作 I_m 或 I_g ，或是 I_e ，这随饲料蛋白质的营养价值而有变化，即使用相同饲料源的蛋白质，也会随配合饲料的组成比例等不同而产生变化。营养价值高的蛋白质(生物价高)，被利用作为 I_m 和 I_g 的比例较高，用作 I_e 的比例则较低。反之，营养价值低的蛋白质(生物价低)