

21世纪水产品养殖技术丛书

鱼类营养与 饲料配方技术

侯永清 主编



化学工业出版社

21世纪水产品养殖技术丛书

泥鳅健康养殖技术

淡水小龙虾健康养殖技术

河蟹健康养殖技术

淡水珍珠健康养殖实用技术

长江名优鱼类健康养殖技术

鳊鱼健康养殖技术

黄颡鱼健康养殖技术

罗非鱼健康养殖技术

鮰鱼健康养殖技术

水产品质量安全管理问答

水产动物病害诊断与防治技术

鱼类营养与饲料配方技术



销售分类建议：农业 / 水产养殖

定价：25.00 元

ISBN 978-7-122-05755-6



9 787122 057556 >

21世纪水产品养殖技术丛书

鱼类营养与 饲料配方技术

侯永清 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书系统阐述了鱼类营养的基本理论和鱼类对能量、蛋白质、碳水化合物、脂肪、矿物质和维生素的需要的基本知识；全面介绍了渔用配合饲料原料的分类；重点介绍了能量饲料原料、蛋白质饲料原料、矿物质饲料原料的物理特性、营养特点和使用注意事项；介绍饲料添加剂的分类、各种饲料添加剂的功能与特性及使用要求、预混料配方设计技术和加工方法；简要介绍了几种常见鱼的营养需求特点、饲料配方设计原理和几种常见鱼的典型饲料配方；较详细介绍了渔用饲料原料的质量标准及鉴别方法、渔用配合饲料的质量标准等。本书附表列出了饲料原料营养价值、鱼类营养需要量和鱼类常用饲料原料有效能值和氨基酸消化率。

本书可给专门从事鱼类配合饲料加工生产者、技术人员和养殖业主提供参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

鱼类营养与饲料配方技术/侯永清主编. —北京: 化学工业出版社, 2009. 7
(21 世纪水产品养殖技术丛书)
ISBN 978-7-122-05755-6

I. 鱼… II. 侯… III. ①鱼类养殖: 淡水养殖-营养
②鱼类养殖: 淡水养殖-饲料-配制 IV. S96

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 086647 号

责任编辑: 刘亚军
责任校对: 宋 玮

文字编辑: 王新辉
装帧设计: 关 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: 北京市振南印刷有限责任公司
装 订: 三河市宇新装订厂
850mm×1168mm 1/32 印张 9 字数 262 千字
2009 年 9 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: 25.00 元

版权所有 违者必究

《21 世纪水产品养殖技术丛书》编委会

编委会主任 曹文宣

编委会副主任 汪 亮

编委会委员 (按姓氏笔画排列)

万松良 印 杰 任 洁 汪 亮

张家波 易慕荣 曹文宣 黄 畛

黄永涛 梁红霞 温周瑞 舒新亚

雷晓中 蔡焰值

序

我国是世界渔业大国，改革开放以来一直高度重视水产养殖业的发展，十多年来我国的水产品产量高居世界首位。水产养殖业已经成为改善营养结构、增加农民收入、推动新农村经济发展的关键行业。

我国的水产养殖业取得了长足的进步，养殖品种日益多样化，一些名特优新的珍贵鱼类品种逐渐形成了一定的养殖规模，其产业化结构日趋完善。但在养殖规模日趋扩大的同时，养殖中也出现了许多新情况、新问题，如养殖规划、放养密度上的不合理，饵料投喂、药物施用上的不科学，以及养殖水域污染、病害流行等。水生动物病害防治问题、渔药残留问题、水产品质量问题、养殖环境与周边环境质量问题，都将影响水产养殖业的健康稳定发展，无法满足当前水产养殖业高效、节水、环保、质量安全的要求。特别是我国成功加入 WTO 及人们消费观念的变化，国内外两大消费市场呼唤健康安全的水产品。

水产养殖是人类利用水资源发展经济、改善生活、提高人民生活水平的重要途径；推广和利用水产养殖技术，则是水产养殖科技工作者服务社会、造福人类的职责和义务。《21 世纪水产品养殖技术丛书》的组织编写，站在国内外水产养殖科学技术的前沿，顺应行业和市场发展的需要，集最新水产养殖技术和实践于一体，发挥了行业内一线专家的专业优势。本套丛书，集中介绍了新技术、新经验、新成果，并强调健康生产，科学育苗、投喂、用药等内容，对健全水产品质量安全体系、提高水产品市场竞争实力、确保水产养殖业持续健康发展具有积极作用。丛书选择经济效益好、养殖面积广的种类，内容丰富，技术含量高，集科学性、实用性和可操作性于一体，特别适合水产养殖专业技术人员和养殖从业人员参考使用。

丛书的出版发行，将对行业的发展产生重要影响，对于推动水产养殖业走绿色的可持续发展的道路有重要的指导意义。

徐汉涛
湖北省水产局局长

A stylized handwritten signature in black ink, consisting of several fluid, connected strokes that form a unique calligraphic representation of the name Xu Hantao.

前 言

近年来，我国水产养殖业呈迅猛发展态势，养殖总产量自1998年以来长期位居世界前茅。当前，养殖规模和养殖技术水平的不断提高等诸多变化很大程度上归功于水产动物营养和饲料科学的进步。在《21世纪水产品养殖技术丛书》编委会的指导下，笔者在整理教稿和实践札记的基础上，根据目前的水产饲料生产状况，结合养殖生产的需要，编写了这部通俗易懂的《鱼类营养与饲料配方技术》，希望为从事鱼类配合饲料加工生产者、技术人员和养殖业主提供参考。

本书在编写过程中遵循“科学、适用、易懂”的原则，系统深入地阐述了鱼类营养原理，尽可能地汇集了饲料配方技术的新理论和新技术，着重论述了鱼类营养需要、渔用配合饲料、饲料添加剂与预混合饲料、饲料配方技术和渔用原料及配合饲料质量标准等，总的思路是系统论述鱼类营养与饲料配方技术的主要内容及相关知识，以期能阐明有关科学原理并指导生产实践。

本书第一章由黄峰编写，第二章由刘立鹤编写，第三章由丁斌鹰编写，第四章由侯永清编写，第五章由刘军编写，解绶启审阅了第一、第二、第三章并进行部分编辑，张家波对第四、第五章进行了审阅并编辑了部分内容。

鉴于编者水平有限，时间仓促，书中难免存在疏漏之处，恳请读者批评指正。

编 者

2009年5月

目 录

第一章 鱼类营养需要	1
第一节 蛋白质营养.....	1
第二节 脂类营养	15
第三节 碳水化合物营养	28
第四节 维生素营养	38
第五节 矿物质营养	53
第六节 能量营养	64
第七节 营养物质的相互关系	68
第二章 渔用配合饲料原料	75
第一节 饲料原料的概念与分类	75
第二节 蛋白质饲料	77
第三节 能量饲料.....	103
第四节 矿物质饲料原料.....	121
第三章 渔用饲料添加剂与预混合饲料	127
第一节 概述.....	127
第二节 营养性饲料添加剂.....	132
第三节 非营养性饲料添加剂.....	145
第四节 预混合饲料.....	165
第四章 饲料配方技术	170
第一节 几种常见鱼类营养需求特点.....	170
第二节 预混合饲料配方设计.....	174
第三节 配合饲料配方设计.....	183
第四节 几种常见鱼典型饲料配方.....	190
第五章 渔用配合饲料及原料质量标准	195
第一节 概述.....	195
第二节 饲料原料的质量标准.....	207

第三节	配合饲料的质量标准.....	226
第四节	饲料原料的质量鉴别.....	241
附表	水产动物对不同原料和能量、蛋白质和氨基酸的 消化率.....	262
参考文献		272

第一章

鱼类营养需要

鱼类为了生存、生长和繁衍后代，需要从食物中获得某些化学物质，即营养素。鱼类所需要的营养素包括蛋白质、氨基酸、脂肪、糖类、矿物质、维生素和能量等。营养素不足会影响其生长、繁殖乃至健康，过多的营养素也会产生不利影响。

第一节 蛋白质营养

蛋白质是生命的物质基础，没有蛋白质就没有生命。蛋白质是由氨基酸组成的一类物质的总称，是细胞的主要组成成分，动物的每一个新陈代谢如维持生命活动、生长及繁衍后代等都离不开蛋白质。动物体内存在的蛋白质种类繁多，结构庞杂，种属差异显著。动物体内所有的蛋白质都是通过消化吸收食物而获得的，食物中蛋白质的营养过程对动物代谢活动至关重要。

一、蛋白质的组成

蛋白质的基本组成单位是氨基酸。已知组成蛋白质的氨基酸主要有 20 多种。大多数蛋白质的元素组成基本相似，主要有碳、氢、氧、氮及少量的硫，有些蛋白质还有磷、铁、铜和碘。

由于蛋白质种类繁多，性质各异，实际工作中难以准确分类。一般可依据蛋白质的组成性质、溶解性、生物学功能，以及分子形状等进行分类。

① 单纯蛋白。又称简单蛋白，指完全由氨基酸组成的蛋白质，水解时只产生氨基酸，如鱼精蛋白、白蛋白、球蛋白等。

② 结合蛋白，指在生物体内由单纯蛋白与一些非蛋白质物质结合而成，如脂蛋白、糖蛋白、核蛋白、磷蛋白、金属蛋白及糖蛋白等。

③ 衍生蛋白。由纯蛋白质或结合蛋白经过物理或化学作用而产生的中间产物，如变性蛋白、朊等。

蛋白质分子有纤维状、球状等不同形状，如胶原蛋白、弹性蛋白、角蛋白、丝蛋白、肌球蛋白、血纤蛋白原等是纤维状的，酶蛋白通常是球形的。

二、蛋白质的生理作用

鱼类从饲料中摄取蛋白质，在消化道内经过消化分解成氨基酸或二肽等小分子物质后，在机体内被吸收利用，维持生命活动和机体代谢。机体内几乎每一个生理生化反应都离不开蛋白质。蛋白质在机体中的作用十分广泛，归纳起来主要表现为以下几个方面。

① 蛋白质是构建机体组织细胞的主要原料。细胞原生质的重要组成成分是蛋白质，它是碳水化合物和脂肪所不可替代的。

② 蛋白质是组织更新、修补，维持体蛋白现状的主要原料，是机体组织生长、更新、修补的物质来源。在动物的新陈代谢过程中，组织和器官蛋白质的更新、损伤组织的修补都需要蛋白质。据同位素测定，全身蛋白质 6~7 个月可更新一半。

③ 蛋白质是机体内功能物质的主要成分，参与机体的各种生理活动。在动物的生命和代谢活动中起催化作用的酶、某些起调节作用的激素、具有免疫和防御机能的抗体（免疫球蛋白）都是以蛋白质为主要成分的。蛋白质对维持体内的渗透压和水分的正常分布，也起着重要的作用。蛋白质参与基因表达的调控，如核因子 1。蛋白质在机体内承担运输功能，如血红素对于机体内氧气的运输是必需的。蛋白质在机体内参与血凝和维持血液酸碱平衡，参与机体免疫、遗传信息的调控等。

④ 为鱼类提供能量，可转化为糖、脂肪。在机体能量供应不足时，蛋白质可分解供能，维持机体的代谢活动。蛋白质的燃烧热值为 5.654cal/g ($1\text{cal}=4.18\text{J}$)，其生理热价在 4.4cal/g 左右。当摄入蛋白质过多或氨基酸不平衡时，多余的部分也可能转化成糖、脂肪或分解产热。在正常条件下，鱼等水生动物体内亦有相当数量的蛋白质参与供能作用。对鱼类而言，有很多学者认为，蛋白质可能优于碳水化合物和脂肪作为体内活动能量物质，因此鱼类等水产动物对饲料蛋白的需要往往比畜禽高 2~4 倍。

三、蛋白质的消化吸收与代谢

1. 蛋白质的消化与吸收

饲料蛋白一般要在鱼类消化道内经过机械和化学消化作用降解成较小的分子才能被吸收。对有胃的鱼而言，饲料蛋白在胃内酸性条件下经胃蛋白酶的初步消化作用，降解成多肽类的中间产物，然后经肠道内消化酶进一步分解成为可以被吸收的小分子物质。通常认为，氨基酸是饲料蛋白被吸收的主要降解产物。但是现在也有学者认为，二肽或其他小分子多肽也可被吸收进入肠黏膜细胞，并在胞内分解为氨基酸而进入血液。

鱼类吸收氨基酸的主要部位是小肠。小肠黏膜对氨基酸的吸收具有选择性，L-氨基酸较 D-氨基酸易被吸收。不同氨基酸的吸收速度不同，其顺序为：甘氨酸 > 丙氨酸 > 胱氨酸 > 谷氨酸 > 缬氨酸 > 蛋氨酸 > 亮氨酸 > 色氨酸 > 异亮氨酸。氨基酸的氨基与羧基相距越近，吸收速度越慢；H 原子被 OH 基取代则吸收性减小；结构相似的各种 L-氨基酸在吸收过程中存在相互竞争，呈现拮抗作用。

2. 蛋白质的代谢

饲料蛋白经过消化吸收后，主要以氨基酸形式进入血液，一些非蛋白质物质在鱼体的代谢活动过程中通过各种途径合成氨基酸，这部分氨基酸会进入血液中，鱼体本身的蛋白更新过程中降解产生的各种氨基酸也进入血液中，所有这些氨基酸在鱼体内的新陈代谢过程中，主要用于重新合成体组织蛋白，维持鱼体生命，使鱼体重增加，以及通过转氨基反应和脱羧基反应等进一步氧化分解转化为其他物质，并释放能量，满足鱼体各种生命活动的需要。

鱼类从饲料中吸收的氨基酸也可以用表达式： $I = I_m + I_g + I_e$ 来表示。 I_m 表示维持生命所必需的氨基酸（如体组织蛋白的更新、修复，以及体蛋白现状的维持等），相当于鱼体在代谢过程中通过粪便、尿和鳃等途径排出的代谢氮、内生氮和分泌的氨态氮的总和，因此 I_m 是鱼类为了维持生命所需的蛋白质最低需要量。 I_m 与鱼体大小、水温变化等有关。

I_g 表示用于生长的氨基酸。对鱼类而言，不同的生长阶段， I_g 有所不同，一般随着鱼类的生长而逐渐变小，当达到最大生长，体重不再增加时， I_g 则接近于零。在生产上，一般幼鱼和生长速

度快的鱼类，摄取饲料蛋白后，用于生长的部分即 I_g 值大于成鱼或生长速度较慢的鱼类，所以要使饲料充分发挥其潜能，养殖对象的选择也是很重要的。

I_e 表示分解后作为能量消耗的氨基酸。从理论上讲， I_e 部分可被脂肪和糖替代。

鱼类吸收的氨基酸用于 I_m 、 I_g 和 I_e 的比率受很多因素的影响，除了上述因素外，主要取决于饲料蛋白质的营养价值和饲料各营养素的配合比例。一般来说，饲料配方科学合理，营养价值高的蛋白质被用作 I_m 和 I_g 的比例较高，用作 I_e 的比例则较低。相反，营养价值低的蛋白质被用作 I_m 和 I_g 的比例较低，而用作 I_e 的比例较高。使饲料蛋白质最大程度地用于 I_m 和 I_g ，尽可能地缩小用于 I_e 的比例，这对于提高饲料效率是十分重要的。

3. 蛋白质的消化率

不同种类鱼，对不同饲料原料蛋白质的消化率不同。饲料蛋白质的消化率一般是通过消化试验进行测定的。一些常见的饲料原料蛋白质的消化率见表 1-1。

表 1-1 一些鱼类对饲料蛋白质的消化率/%

饲料	鱼的种类						
	鲤鱼	草鱼	团头鲂	青鱼	尼罗罗非鱼	异育银鲫	长吻鮠
秘鲁鱼粉	95.0	82.7	75.3		84.5	85.0	97.2
国产鱼粉		86.7	87.6		78.2		
大豆粕	95.0	96.3					
豆饼	86.5		76.3	93.1	78.6	86.0	81.0
菜籽饼		80.1	85.5	89.5	88.4		96.8
棉籽饼		82.5	76.3	85.5	78.4		
花生饼		90.9	82.9	91.1			
玉米	90.5		72.9	80.9		81.0	
大麦			64.0	74.6			
肉骨粉	91.2	87.6				78.0	
脱脂蚕蛹粉			67.3	82.4			
米糠	82.6	72.6	63.0		82.2	79.0	
麦麸	88.9	80.2	81.5	87.0	84.7		
玉米胚芽粕	77.9	86.2					

注：资料来源于侯永清等，2001。

四、鱼类对蛋白质的营养需求

蛋白质是决定鱼类生长关键的营养素之一，也是配合饲料成本

中花费最大的部分，因而是饲料配方和生产中最为关切的问题。确定配合饲料中蛋白质的最适需要，在鱼类营养和配合饲料生产上至关重要。根据蛋白质在鱼体内的代谢状况，一般来说，鱼类对饲料蛋白质的需要至少包含两个方面：一是维持鱼类体蛋白的现状，也就是维持基本生命活动所必需的蛋白质的量，即维持营养需要，这是最低限度的饲料蛋白需要，否则鱼体的基本生命将难以维系；二是能使鱼类最大限度地生长，或能使鱼体内蛋白质沉积达到最大时，饲料中必须达到的最少蛋白质含量，避免饲料蛋白的浪费，通常被称为最适蛋白质需要量。在鱼类饲料生产中，对最适蛋白质需要量十分关注。

由于影响鱼类对饲料蛋白质需要量的因素很多，所以我国常见鱼类对蛋白质的需要量在不同的资料中有不同的数据，表 1-2 列出了部分鱼类对饲料蛋白的需求量，仅供生产或设计配合饲料时参考。

表 1-2 我国主要养殖淡水鱼类的蛋白质需要量推荐值/%

鱼 的 种 类	鱼苗养殖 阶段(1 龄)	鱼种养殖 阶段(2 龄)	成鱼养殖 阶段
淡水鱼类			
草鱼 ^①		25.0	22.0
草鱼 ^②	40~45	30~35	25~28
团头鲂 ^①		30.0	25.0
团头鲂 ^②	34	30	25~30
鲤鱼 ^①	38.0	35.0	32.0
鲤鱼 ^②	43~37	37~42	28~32
罗非鱼 ^①		30.0	28.0
罗非鱼 ^②	40	30~35	28~30
青鱼 ^①	40.0	35.0	30.0
青鱼 ^②	41	33~38	28~33
鳊鲴 ^②	50~56	45~50	45~47
斑点叉尾鲴 ^②	35~40	25~36	28~32
斑点叉尾鲴 ^③	35~40	30~35	28~35
虹鳟 ^②	50~56	45~47	40~45
虹鳟 ^③	45	40~45	35~40
香鱼 ^②	44~51	45~48	
鲫鱼 ^②	40	35	30
黄颡鱼 ^④	42~45		39

续表

鱼 的 种 类	鱼苗养殖 阶段(1 龄)	鱼种养殖 阶段(2 龄)	成鱼养殖 阶段
海水鱼类			
尖吻鲈 ^⑤	40~50	50	40~50
巨石斑鱼 ^⑤		47~60	40
鲑形石斑鱼 ^⑤		54	
遮目鱼 ^⑤	52~60	42.8	40
点篮子鱼 ^⑤	40		
鲈鱼 ^⑤	55	45~50	40~45
真鲷 ^⑤	50.19	45	45~55
黑鲷 ^⑤		45	40
牙鲆 ^⑤	52.78		
大菱鲆 ^⑤		50	46
鳎 ^⑤			50
花鲈 ^⑤	43~45	43	40
条纹狼鲈 ^⑤	57	52	
斜带石斑鱼 ^⑥	48		

①引自石文雷等, 1998; ②引自侯永清等, 2001; ③引自李爱杰等, 1994; ④引自孙翰昌, 2005; ⑤引自王专桥, 2000; ⑥引自 Luo 等, 2004。

草鱼是我国淡水养殖的主要鱼类, 属于草食性鱼类, 目前很多地方都采用配合饲料来饲养。一般认为从鱼苗到夏花阶段, 草鱼配合饲料的蛋白含量可确定为 30%~32%, 成鱼养殖阶段可确定为 22%~28%。

鲤鱼属于杂食性鱼类, 是一种世界性养殖鱼类, 所以国内、外学者对鲤鱼的营养研究较多。狄野 (1987) 报道, 体重 100g 鲤鱼的氮平衡达到最大正值时, 氮的最低摄取量为 190~200mg, 即 1.19~1.25g 蛋白质, 投饲率为 3%~4%, 故饲料最适蛋白质需要量为 29%~38%。我国学者对鲤鱼的研究也做了大量的工作, 结合养殖生产实际, 在鲤鱼配合饲料中推荐鱼苗阶段 (0.02~0.2g) 最适蛋白质需要量为 40%~45%, 鱼种阶段 (0.2~100g) 为 35%~40%, 成鱼阶段 (100g 以上) 为 30%~35%。

近年来海区养殖业发展迅速, 养殖面积逐年增加, 养殖品种多样化, 以肉食性鱼类为主, 且大多采用网箱养殖方式, 在实际生产中多以投喂小杂鱼为主。随着养殖的发展, 对海水鱼类的配合饲料越来越多, 其配合饲料中的蛋白需要量普遍高于淡水鱼类 (见表

1-2)。

鱼类对饲料蛋白需求的最适量往往受到很多因素的影响，如鱼的种类、发育阶段、食性、饲料原料的种类（蛋白源）、饲料中的能量蛋白比、饲料原料的可利用性等都会影响到鱼类对饲料蛋白的需求。

一般来说，肉食性鱼类对饲料蛋白的需求量比杂食性鱼类高，杂食性鱼类对蛋白质水平的要求高于草食性鱼类，且幼鱼阶段对饲料蛋白水平的需求量往往大于成鱼阶段。因此，鱼类配合饲料配方设计一般要根据不同饲养对象来进行。

饲料原料的质量和种类对鱼类最适蛋白质需要量的影响，主要是因为鱼类饲料原料的消化吸收利用程度的不同、饲料原料中所含有的必需氨基酸的种类和数不同，以及饲料原料中的其他营养素（如碳水化合物、脂肪、能量等）的含量不同等方面而造成的。不同的学者采用不同的饲料蛋白原料，即使是针对同一种鱼类，所得到的最适蛋白质需要量的研究结果也是不同的，这可能是其主要因素。

水温对鱼类最适蛋白质需要量的影响问题，似乎不同的学者有不同的意见。NRC认为水温并不影响鱼类对饲料蛋白质的需要量，但在一定温度范围内，随着水温的升高，鱼类的代谢活动不断加强，且一般夏秋季节温水性鱼类的生长速度比冬春季节快得多，而且一些学者发现大鳞大麻哈鱼在水温8℃和15℃时饲料中的最适蛋白质需要量分别为40%和55%，虹鳟在水温9℃、12℃和18℃时，饲料中最适蛋白质需要量分别为35%、40%和45%，生长最快。

五、氨基酸营养

1. 必需氨基酸（EAA）与限制性氨基酸

动物在合成蛋白质的过程中所需要的氨基酸，一部分可由体内代谢合成提供，另一部分则在动物体内不能合成或合成的量不能满足动物的生理需要，而必须由饲料提供，这部分氨基酸称为必需氨基酸（EAA）；而可以由动物体内通过代谢合成的那些氨基酸通常称为非必需氨基酸。研究已经证明，鱼类需要的必需氨基酸主要包括赖氨酸、蛋氨酸、色氨酸、精氨酸、苏氨酸、组氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、苯丙氨酸和缬氨酸。此外，体内的胱氨酸和酪氨酸可以