

吴遵霖 编著

农业出版社

鱼类营养与配合饲料

OTIT ISEB
REDNA ENTFA
ENIA IETNA

鱼类营养与配合饲料

吴遵霖 编著

农业出版社

鱼类营养与配合饲料

吴遵霖 编著

* * *

责任编辑 陈力行

农业出版社出版 (北京市朝阳区农展馆北路2号)
新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

787×1092mm32开本 9.625印张 209千字

1990年12月第1版 1990年12月北京第1次印刷

印数 1—4,340册 定价 4.55元

ISBN 7-109-01603-X/S·1069

序

《鱼类营养与配合饲料》行将出版，是一件可喜的事。

我国淡水养鱼的历史悠久，但用配合饲料养鱼起步较晚。近十年来，由于农业经济政策的作用，大大地促进了淡水渔业的发展。随着人民生活水平的提高，要求生产更多的名贵水产品，因此出现了鱼用饲料工业和利用配合饲料养鱼的热潮，并取得了较好的科研成果和生产效益。但对发展鱼用饲料工业和利用配合饲料养鱼，在人们的思想认识和应用技术上还存在着许多问题。为了进一步推动鱼用饲料工业的发展，编写《鱼类营养与配合饲料》这本著作是很有必要的。

编者多年来一直从事鱼类营养和配合饲料养鱼的科学研究和推广应用工作，积累了丰富的经验，掌握了大量的资料，所编的《鱼类营养与配合饲料技术》一书，内容丰富，系统地介绍了鱼类的营养需要与特点、配合饲料的原料和营养价值以及各种饲料配方和加工技术，同时总结了近十年来我国利用配合饲料养鱼的经验。是一本既有理论知识又有实用价值的参考书。

湖北省水产科学研究所所长 陈洪达

1988年9月22日

前 言

饲料是维持水产动物全部营养的天然与人工产品，是水产养殖的主要物质基础，是育种、饲料和管理技术三大养殖生产环节中的中心环节。在池塘养殖条件下，仅靠施肥、投草、培养天然饵料生物等传统生产方式，要取得优质鱼的高产是不行的，还必须投喂各种人工饲料以全面满足鱼类的营养需要。现代网箱养鱼、湖泊及水库围栏养殖、流水养鱼等高密度集约养殖方式的出现和飞速发展，天然饵料更显不足，人工饲料成为高产优质的首要条件和限制性因素。

配合饲料是按照各种养殖鱼类，不同生长阶段的营养需要，经过科学配方，采用多种原料加工制成的复合性人工饲料。它是现代饲料工业的产品，至今只有四五十年的历史。配合饲料的配制和养鱼必须懂得一些鱼类生理学，尤其是营养生理方面的知识，了解各种鱼类的营养需要量和饲养标准，及其饲料科学和鱼类养殖技术，这些是配合饲料养鱼的理论基础。

配合饲料养鱼的目的是要以最低的饲料成本，换取最高的优质鱼产品收入，获得比传统饲料养鱼高得多的经济效益和社会效益。我国鱼用配合饲料起步于70年代，发展成为独立的工业行业还是在国家“六五”期间。随着国民经济产业结构的调整和水产养殖事业大发展的趋势，迫使渔用配合饲料工业有一个大发展。

作者近几年来在湖北省及外省不少地区，大面积推广池塘、水库网箱使用配合饲料养鲤、草、鲂、罗非鱼等优质鱼技术，获得池塘主养优质鱼68.3—84.0%，亩净产559.9—687.7公斤，饲料系数1.6—1.9，每亩盈利772.3—1459.1元，比传统池塘养鱼高55.4—138%；网箱养鲤每平方米净产87.2公斤，饲料系数1.72，劳力平均年产值超过2.5万元，纯利1万元以上。20平方米网箱每箱盈利0.395万元。近两三年来，鱼用配合饲料随着集约化养殖的深化得到更快地发展。由江浙、广东、湖南、湖北、北京与上海等沿海及中原发达地区迅速向四川、内蒙古、吉林、新疆、辽宁等边远地区发展；由加工粗糙的混合、配合饲料及单一养某种普通养殖鱼饲料，逐渐向质量精良的微型、软硬、膨化颗粒饲料以及对虾、鳊、鳙、鳖等水产品饲料的发展。如北京市水产研究所一直指导市郊密云、海子水库网箱养鲤，最高产量成鱼137公斤/米²，鱼种48公斤/米²，饲料系数1.83。四川省乐山市大力推广水库网箱、金属渠道网箱、流水及微流水等多种集约化养鱼，1987年总面积116.76亩，获优质鱼1385.8吨，平均饲料系数2.83。其中金属渠道网箱养鲤最高产达93.2公斤/米²。四川达县明星水库20只网箱1987年产鲤鱼43.5吨，单产135.9公斤/米²，饲料系数2.68。东北养鳙，江浙、福建、山东养鳊和对虾，广东养鳢、石斑，四川养鲢，湖北养蟹，湖南养鳖、牛蛙等正方兴未艾。优质鱼用配合饲料和高度集约化精养方式将使我国传统水产养殖业发生划时代的变化，虽有高物质、资金和技术的投入，但亦有传统水产养殖无法比拟的名贵水产品和高额利润产出。

本书从鱼类营养与饲料基本知识入门，总结近十年来配合饲料配制与养鱼的实际经验，比较系统地介绍鱼类的营养

需要、特点、配合饲料原料营养成分、各种饲料配方、加工技术、放养模式、养殖实例及投饵管理等实用技术，以供从事鱼用饲料和水产养殖的技术人员、中等专业院校学生和广大养殖、饲料厂工人及专业户参考，期望对发展我国鱼用配合饲料与水产养殖业有所裨益。

书中的错误与遗漏恳请读者指教。书稿得到湖北省水产研究所所长陈洪达副研究员及有关专家的指导与协助，在此谨致谢意。

编著者

1989年8月武昌

目 录

前言

第一章 鱼类的营养需要与特点	1
第一节 饲料的营养成分与生理功能	1
第二节 鱼类的营养特点	10
第三节 鱼类对蛋白质的需要量	13
第四节 氨基酸的需要量	20
第五节 脂肪与碳水化合物的营养	31
第六节 鱼类的能量代谢	38
第七节 维生素与矿物质营养	45
第八节 鱼类的营养标准	56
第二章 配合饲料的原料及营养价值	60
第一节 配合饲料原料的种类	60
第二节 鱼类饲料主要原料的特性	63
第三节 鱼类饲料添加剂	82
第四节 鱼类的消化吸收	89
第五节 鱼类饲料营养价值的评定	98
第三章 鱼类饲料配合与加工技术	110
第一节 饲料配方的原则	111
第二节 饲料配方的计算方法	115
第三节 国内外鱼用配合饲料配方举例	135
第四节 鱼用配合饲料加工工艺与设备	172
第四章 配合饲料养鱼技术	198
第一节 配合饲料投饵技术	198

第二节	配合饲料放养方案（模式）举例	221
第三节	配合饲料养鱼经济效益分析方法	243
第四节	配合饲料养鱼的营养缺陷及克服途径	255
附录		259
一、	常用鱼饲料一般营养成分表	259
二、	主要养殖鱼及饲料氨基酸组成	274
三、	主要鱼饲料维生素含量表	284
四、	主要鱼饲料矿物元素含量表	288
五、	常用矿物质饲料中的元素含量表	292
六、	几种养殖鱼对饲料的消化率	294
七、	常用饲料原料容重及可制粒性	297

第一章 鱼类的营养需要与特点

鱼类是终生生活在水中，用鳃呼吸的变温低等脊椎动物，无论是种类还是数量，都是脊椎动物中最大的纲。这决定了鱼类营养区别于畜禽营养的特点，也决定了各种食性鱼类营养需要的差别。我国配合饲料的使用，目前主要养殖对象是杂食性的鲤、鲫、罗非鱼，草食性的草鱼、鳊、鲂以及少量肉食性的虹鳟与青鱼。下面从饲料营养成分的功能入手，主要以鲤鱼为代表介绍鱼类的营养需要与特点。

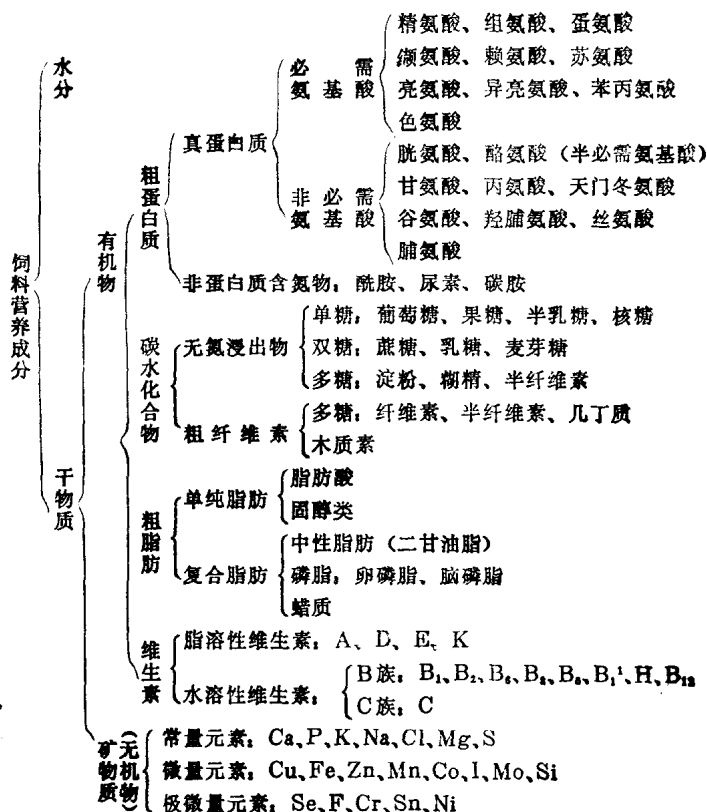
第一节 饲料的营养成分与生理功能

以供给饲养动物（包括鱼类）营养为目的而使用的物质称为饲料。由饲料供给鱼类正常生长发育、维持健康、修补损失所必需的物质及能量作用的总和称为鱼类的营养。

用化学分析的方法，测知饲料中所含有的对饲养动物（包括鱼类）有营养作用的成分称为营养成分或营养素。据分析自然界102种化学元素，至少有40多种是动物所必需的。碳、氢、氧、氮四种元素在饲料中含量最多，约占干物质总量的95%。它们分别组成动物最需要的蛋白质、碳水化合物、脂肪、维生素和水，被称为六大营养素，是参与身体组成和新陈代谢等生命活动所不可缺少的营养成分。

饲料营养成分的分类如表1—1。

表 1—1 饲料营养成分表



一、水分

水分是鱼体的主要组成成分，含量达鲜体的一半以上。鱼体血液中含水分最多，达80%以上；肌肉中占74%；骨骼、鳞片含水量仅45%。水分的生理功能是：

（1）重要溶剂，营养物质吸收输送、废物的排泄必须溶解在水中。

（2）构成胶体参与活细胞与组织的构成，并使具有一

定形态与弹性。

(3) 水解反应和氧化还原反应必需以水为媒介。

(4) 调节体温和在脏器、骨骼间充当润滑剂。

(5) 特别是鱼类，水分是必需的生存条件。从生长繁殖到死亡，终生在水中渡过。鱼通过鳃，从水中得到氧气保证正常呼吸。

(6) 以溶于水中的无机盐维持体液，细胞质有一定的渗透压。

(7) 鱼类的营养物质及能量的摄取，代谢产物排泄和分解转化都必需通过水作为介质。

(8) 鱼体内外的“化学信息物质”都必须通过水作媒介进行传递，使鱼发生索饵、繁殖、避敌、洄游等复杂的行为。总之鱼类生命的各阶段，生活的各方面都离不开水。

饲料中的水分是鱼体摄取水分的一种来源。随饲料种类、加工与贮藏条件饲料含水量相差很大。含水量越多，其他营养物质越少，所以常用干饲料、风干饲料表示饲料中水分及干物质的多少。

干物质或绝干饲料，一般是指在105℃时烘干脱水至恒重，剩下的物质为干物质，也称绝干饲料。风干饲料指饲料中含水量为10%的风干状态。比较两种饲料某营养成分的多少，必需是含水量一致或者都换算成干物质。

例如甲饲料含水量20%，粗蛋白质为30%，而乙饲料含水量是10%，粗蛋白质也是30%的情况下，必需换算成两种饲料相同含水量时粗蛋白质的含量再进行比较。即把含水量都定为10%，那么，

$$\text{甲饲料粗蛋白质}(\%) = \frac{30 \times (100 - 10)}{(100 - 20)} = 33.8\%$$

显然甲饲料的粗蛋白质含量比乙饲料高。

也可都化成干物质，再比较。即：

$$\text{甲饲料粗蛋白质} = \frac{30 \times 100}{100 - 20} = 37.5\%$$

$$\text{乙饲料粗蛋白质} = \frac{30 \times 100}{100 - 10} = 33.3\%$$

由此得甲饲料粗蛋白质含量比乙饲料高。

二、蛋白质

蛋白质是构成生命的物质基础。

化学上把含氮的有机物质总称为粗蛋白质（CP，下同）。粗蛋白质中大部分是真蛋白质或纯蛋白质，它们是由多种氨基酸组成的复合有机化合物。可分为：

1. 简单蛋白质 水解时只产生若干种氨基酸如血清蛋白、球蛋白、谷蛋白、鱼精蛋白等。

2. 结合蛋白质 是由简单蛋白质与一些非蛋白材料结合而成的，如核蛋白、糖蛋白、血红蛋白等。

3. 衍生蛋白质 这是经过物理或化学作用由简单蛋白质或结合蛋白衍生的蛋白质，如变性蛋白和肽等。组成蛋白质的氨基酸通过肽键联结在一起，并通过硫氢键、氢键和范氏力在键之间交联而成。蛋白质化学成分变化较其他活性物质大得多，使其在不同细胞与组织中具有很大的特异性，如血液中的球蛋白与清蛋白，结核组织中胶原蛋白，肌肉中的纤维蛋白，眼晶体中的结晶蛋白和消化道中的各种酶类与激素等。但是绝大部分真蛋白质的氮含量大约为16%，因此蛋白质含量通常以含氮量乘6.25求出。

粗蛋白质中还有一部分是非蛋白含氮物，主要是氮化物、尿素等还包括游离的氨基酸。

蛋白质是生命的存在方式，生命的基本特征是蛋白质的自我更新。除蛋白质外还有核酸，都不能为其他营养物质所代替，所以可以说没有蛋白质就没有生命。蛋白质是维持肌体生命过程，生产各种动物产品最重要的营养成分。其主要功能如下：

1. 是机体细胞与组织的主要组成物质 如肉、卵、鳞、淋巴与血液等，都是由蛋白质构成的。所谓生长可以看作是蛋白质的积累。

2. 组成酶与激素，参与调节体内的代谢过程 体内一切消化分解和合成反应都需要各种酶参与、催化才能完成。只要缺乏某一种酶或酶活性降低就会引起疾病，甚至死亡。激素是鱼体新陈代谢、生长与繁殖等主要生理活动的调节者。由蛋白质构成有各种免疫性的抗体是抵抗病原和有毒物质的重要物质。

3. 修补机体组织 鱼体组织的蛋白质处于不断更新过程之中，需要不断从饲料中及时得到新的蛋白质，补偿代谢中衰老死亡的蛋白质。

4. 鱼体的重要能量来源 蛋白质经过脱氢作用可很快氧化产生生理热能，供鱼体生命活动所急需。与畜禽相比，鱼类更容易首先动用蛋白质作为能量消耗。综合上述被鱼体吸收的饲料蛋白质有如下三条途径：

①供给生长即蛋白质量的增加 (I_g)。

②用作已分解组织蛋白质的修复或维持鱼体现状 (I_m)。

③分解作为能量消耗 (I_e) 用公式表示：

$$I (\text{吸收蛋白质}) = I_g + I_m + I_e$$

式中 I_m 和 I_g 的功用是蛋白质的固有营养效果，不能为

其他营养素所代替， I_o 可为碳水化合物或脂肪所代替。作为鱼类养殖的目的是希望 $I_m + I_o$ 尽量少，而 I_g 尽量大。但是 I_g 在幼鱼时是比较大的，而到十分成长的成鱼就逐渐减少到趋于零。使 $I = I_m + I_o$ 。 $I_m + I_o$ 由于代谢过程最后排泄在尿及粪中的内源性氮和代谢性氮。它因鱼体大小与水温虽有变化，但在一定条件下对各种鱼来说是一定的，比起 I_g 来比较稳定，相当于单位体重鱼体的蛋白质必需量。并且饲料蛋白质营养价值越高被用作 $I_m + I_g$ 的比例较高，用作 I_o 的比例较低，反之则用作 I_o 的比例较高。而饲料蛋白质营养价值相同时，饲料其他含能量物质充足时 $I_m + I_g$ 比例较高，反之则 $I_m + I_g$ 比例较低， I_o 较高。也就是说为了饲料蛋白质能有效的用于鱼体生长，减少浪费，蛋白质营养价值高和其他含能量物质充足都是非常重要的。

三、粗脂肪

粗脂肪又叫乙醚浸出物。是饲料中能溶于乙醚、苯、汽油等有机溶剂的物质总称。包括中性脂肪或称真脂肪、纯脂肪和其他类脂物质。中性脂肪是由甘油与高级脂肪酸构成的，如硬脂酸、油酸，类脂物质包括蜡质、磷脂、固醇及色素（叶绿素、胡萝卜素）。

脂肪是高能物质。它对鱼体也具有重要生理功能，

1. 是鱼体组织细胞的构成成分 如细胞膜、核膜、粒线体等生物膜都是由类脂物质如固醇、磷脂和蛋白质结合的脂蛋白构成的。细胞质也并非单纯的蛋白质，而是蛋白质和脂肪形成的乳状液。

2. 鱼体能量来源 脂肪的生理热能比碳水化合物和蛋白质高2.25倍，但是饲料中的脂肪须在脂肪酶作用下由鱼体消化分解为甘油与脂肪酸方能被吸收，一部分变成热能供给鱼

体消耗，另一部分变成贮备脂肪即体脂贮存，分布在皮下、肠系膜和肌肉间隙。由于脂肪体积小而含能量高，所以是很好的化学能贮存库，但是多在鱼体不可食部分，它们过多则会影响鱼的质量。

3. 供给鱼体必需脂肪酸 必需脂肪酸鱼体本身不能合成，必需由饲料供给，它是由高度不饱和脂肪酸如亚麻酸（20：3 ω_3 ）、亚油酸（18：2 ω_6 ）和花生四烯酸（22：4 ω_6 ）等构成，缺乏它会引起鱼体代谢紊乱、营养障碍。

4. 脂溶性维生素A、D、E、K的携带者 同时也是构成某些维生素与激素的原料，如维生素D、肾上腺素、性激素等。

四、碳水化合物

碳水化合物又称糖类，用碳、氢、氧三元素构成，氢与氧之比和水相同（2：1），故称碳水化合物。它包括无氮浸出物与粗纤维素。

无氮浸出物由计算而来。概念较笼统，即饲料营养物质中除掉水分、粗蛋白质、粗脂肪及粗灰分余下的部分。它包括单糖（葡萄糖、果糖、半乳糖、核糖）、双糖（蔗糖、乳糖、麦芽糖）、多糖（糊精、淀粉、半纤维素），还包括部分粗纤维素。目前粗纤维测定方法还存在问题。

糖类的生理功能：

1. 构成体内糖原，供给鱼体活动所需的能量 鱼体消化饲料中的糖类变成葡萄糖被吸收，在肝脏和肌肉内合成肝糖原和肌糖原，不断为鱼体肌肉活动所消耗。再由肝糖原分解，在血液中成为血糖进行补充。与蛋白质、脂肪相比碳水化合物是廉价的能量来源。

2. 构成鱼体组织 如核糖与脱氧核糖是同蛋白质相同重

要的核酸的组成部分。糖类与蛋白质、脂肪结合成为糖蛋白与糖脂，是结缔组织、神经、肝、肾与体液的重要组成。

3. 体脂中也含有糖类形成贮备能源。

4. 饲料中充足的糖类作为能源和营养可减少鱼体蛋白质的分解，具有保存和节约蛋白质的作用。我国主要养殖对象草食和杂食性鱼类，对糖类有很好的消化与利用能力，使糖类成为实用鱼饲料中主要的营养成分。

粗纤维是纤维素、半纤维素与木质素的总称。常用酸碱洗涤法测定。能被酸和碱消化的部分，用乙醚或乙醇提出粗脂肪，再经高温灼烧扣除矿物质，所余下的为粗纤维。纤维素是构成植物细胞壁的主要成分，也是饲料中难以消化的部分，尤其是鱼类。由于肠道微生物很少，基本没有消化纤维素的酶，因此不能消化纤维素，但是纤维素也有一定的生理功能。即：

1. 刺激肠道蠕动分泌消化液，活化某些消化酶，具有帮助消化的作用。

2. 食入消化道的饲料中粗纤维能填充容积，使动物产生饱感，并且粗糙的表面增大了消化酶与食物的接触面积，有助于酶解。

五、矿物质

矿物质又称无机盐或粗灰分。是指饲料的干物质经过充分燃烧后，剩余的残渣。是饲料中的无机物质。分常量元素、微量元素、极微量元素。它的生理功能是：

1. 是身体细胞、组织的重要组成部分，尤其是骨骼和牙齿主要由矿物质所组成。

2. 维持体内渗透压平衡与酸碱度的调节。淡水鱼的体内渗透压高于体外水环境，需要吸收无机盐并通过鳃、皮肤