

鱼

Yulei Siliao Peizhi

类饲料配制

郑光明 温周瑞 编著



广东科技出版社

内 容 简 介

本书介绍了鱼类的食性、鱼类饲料的营养成分及其生理功能、饲料的种类、饲料的加工方法、饲料的安全性与管理、饲料投喂、饲料资源的开发利用和主要养殖鱼类的专用饲料等方面的知识和技术。

本书集理论、实践、技术于一体，内容丰富，材料充实，技术可靠，通俗易懂，综合性强，且具有创新性。可供各类水产饲料行业、各级水产部门、养殖生产单位、养殖专业户和广大渔农在生产经营中参考。

目 录

鱼类的食性	(1)
一、浮游生物食性.....	(2)
二、草食性.....	(2)
三、杂食性.....	(2)
四、肉食性.....	(3)
五、底栖生物食性.....	(3)
六、腐屑食性.....	(3)
鱼类饲料的营养成分与生理功能	(5)
一、营养成分.....	(5)
二、生理功能.....	(8)
三、主要养殖鱼类的营养需要量	(25)
四、饲料营养缺乏引起鱼类的相关疾病	(37)
五、饲料消化率与饲料系数	(42)
鱼类饲料的种类	(55)
一、浮游生物饵料	(55)
二、植物性饲料	(60)
三、动物性饲料	(81)
四、配合饲料	(90)
五、油脂类饲料	(95)
六、微生物饲料与发酵产物	(96)
七、光合细菌	(99)
八、添加剂.....	(105)
九、生物工程产品.....	(113)

饲料加工方法	(116)
一、加工要求	(116)
二、加工方法	(117)
三、几种常用的鱼饲料加工	(119)
四、粗饲料的加工	(120)
五、精饲料加工	(123)
六、配合饲料加工	(124)
饲料的安全性与质量管理	(129)
一、饲料安全	(129)
二、饲料安全的控制技术和措施	(130)
三、饲料的质量管理	(135)
饲料的投喂	(138)
一、投喂原则	(138)
二、投喂技术	(139)
三、投喂根据	(141)
四、投喂方式	(147)
饲料资源的开发利用	(149)
一、合理利用土地	(149)
二、增加浮游生物の利用	(150)
三、合理使用化肥养鱼	(151)
四、饲料工业的进一步发展	(154)
五、新兴饲料工业	(156)
主要养殖鱼类的专用饲料	(161)
一、主要鱼类饲料的基础配方	(161)
二、维生素预混剂配方	(175)
三、矿物质混合剂配方	(176)
四、复合添加剂配方	(176)

鱼类的食性

我国疆域广阔，海岸线绵长，内陆水域纵横，湖泊、水库、池塘星罗棋布，是世界上淡水水面最多的国家之一，生长着1 000余种鱼，为鱼类生长的理想地区。随着经济的发展，可养殖对象越来越多，仅淡水种类就有30~40种，主要包括常规品种：青鱼、草鱼、鲢、鳙、鲤、鲫、鳊、团头鲂、三角鲂、广东鲂、鳊、细鳞斜颌鲷、银鱼；名特优品种：黄鳝、泥鳅、鲶、大口鲶、乌鳢、斑鳢、月鳢、鳗鲡、鳊鱼、长吻鮠、鲟；引进品种：罗非鱼、淡水白鲳、革胡子鲶、斑点胡子鲶、斑点叉尾鮰、加州鲈、尖吻鲈、露斯塔野鲮、麦瑞加拉鲮鱼等；海洋养殖品种：眼斑拟石首鱼（亦称美国红鱼）、大黄鱼、真鲷、黑鲷、鲈鱼（也称鲈板）、石斑鱼（亦称花斑、石斑）、牙鲆（亦称扁口鱼、比目鱼）、军曹鱼、黄鳍鲷、蓝子鱼、鲷鱼和红鳍东方鲀（亦称河鲀），这些鱼类养殖业的日益发展，大大改善了人民的生活水平，确立了我国鱼类养殖世界大国地位。

鱼类在其生存的水域环境中生长与繁衍，不断以不同的方式摄取各自所需和所喜食的食物，这些食物包括天然水域中的各种生物，同时又摄食人们投放的各种饲料。鱼类具有不同的摄食器官和不同的生长发育阶段，从而决定了它们不同的摄食方式，一般说来，刚孵出的幼鱼基本上以水中的浮游生物特别是浮游动物为食，随着鱼类的生长，其摄食器官日益分化而且各具特征，进而形成不同食性。鱼类的食性大

致可归纳为如下几种：

一、浮游生物食性

浮游生物食性，即滤食性，鱼类多以浮游生物包括浮游动物和浮游植物为食，鲢、鳙的食性是这种食性的典型代表，其摄食特点与其滤食器官相一致：用细长而密集的鳃耙滤取食物，包括各种浮游藻类和浮游动物中的轮虫、浮游甲壳类、枝角类以及某些动物幼虫等，随着口的张闭，这些食物就随着水进入口腔。而鲢主要摄食浮游植物（藻类），鳙主要摄食浮游动物。鲢、鳙除了滤食水中的浮游生物外，还滤食有机腐屑及其上的细菌，在池塘饲养条件下，也摄食人工投喂的饲料，如饼渣、糖糟、麸皮等，以及人工撒在水中的豆浆颗粒。

二、草 食 性

以摄食水生、陆生植物为食的一种食性，草鱼、团头鲂、鳊是典型的草食性鱼类。草鱼幼鱼也以浮游动物为食，当生长至5厘米长以后，就逐步转向草食性。它们以口缘切断植物，以咽喉齿压磨植物。草鱼的摄食能力与摄食强度大于团头鲂、鳊。

三、杂 食 性

这一类鱼的摄食方式主要为吞食，也有兼滤食的，其食性最广。严格而言，在某段时间内仍是以摄食某种食物为

主，只是对食物的选择性不强。其典型代表有鲤、鲫、鲮、罗非鱼。它们既摄食底栖、水生和浮游动植物，又摄食商品饲料。其中鲤偏食动物性，鲫偏食植物性，鲮也是以植物性为主的杂食性鱼类，吞食兼滤食，这类鱼还有露斯塔野鲮、麦瑞加拉鲮鱼、泥鳅、斑点叉尾鲷。

四、肉食性

这类鱼多为凶猛性鱼类，往往以其他鱼类为食，如鳊鱼、乌鳢、加州鲈、尖吻鲈、鲈鱼、鳡鱼等。这类鱼游泳迅速，具备锐利的吻或齿，消化道短，有一个伸缩性强而厚的胃壁。这类鱼有些完全以活鱼为食，如鳊鱼；而有些鱼如乌鳢、加州鲈、尖吻鲈还可以摄食冰鲜和商品饲料。海水鱼如美国红鱼、真鲷、黑鲷、鲑鱼、石斑鱼、军曹鱼等也是肉食性鱼类。

五、底栖生物食性

这类鱼都为底栖鱼类，多以环节动物的丝蚯蚓，软体动物中的螺蛳、贝蚬类为食，它们多有尖锐的三角形或臼齿状的牙齿。青鱼就是其中的代表，它主要摄食湖螺、蚬子、淡水壳菜、扁螺等，其实青鱼也是肉食性鱼类。

六、腐屑食性

这类鱼主要摄食底层腐败的动植物和有机质，多为底栖性鱼类，具有挖掘泥沙的本能，鳃耙发达，齿几乎消失。常

见的种类有鲟、细鳞斜颌鲴、黄尾鲴等。

在我国，池塘养殖非常发达，科技工作者和广大渔民总结了各种经验，提出了“八字”养鱼法，其中“混”就是根据鱼类具有不同食性这一特点，将不同食性的鱼类进行合理搭配混养，也利用不同食性鱼类具有不同的栖息水层，进行“分层养鱼”，科学充分地利用水体和饲料。而对于肉食性鱼类如鳊鱼、乌鳢、加州鲈、尖吻鲈、革胡子鲶、斑点胡子鲶、鲶等，科学地考虑其食性特点，形成了“分级轮养”，同种规格的苗种池养在同一个池，以免大规格的鱼抢食小规格的鱼；鳊鱼养殖，特别是在广东等南方地区，采用鳊鱼苗种饲养，这就是充分利用鳊鱼摄食活鱼的特性而开展的一种名优品种的养殖技术。

鱼类饲料的营养成分与生理功能

一、营养成分

(一) 鱼类营养的重要性

鱼类营养是维持其健康和生长生殖等的两大要素之一。营养的重要性主要体现在，营养与遗传改良：在适宜的营养环境中，目标基因可顺利地表达，这样才能实现鱼类遗传组成的质变；营养与健康：当鱼类营养不足时，免疫机能下降，抵抗疾病能力下降，发病率提高；营养与生长生殖性能：鱼类营养不良时，生长、生殖机能下降。人工养殖时，要求鱼类采食的饲料营养组成全面而平衡，否则鱼类就会发病甚至死亡，导致人工养殖的失败，鱼类全价饲养可使鱼类生长、生殖潜力和饲料营养价值充分发挥，降低鱼类发病率，降低成本。

(二) 鱼类的消化生理机能

鱼对饲料的消化吸收是由消化器官完成的，消化器官包括消化管和消化腺。鱼的消化管是一条延长的管道，包括口咽腔、食管、胃和肠等部分，起自口，向后延伸经过腹腔，最后以泄殖孔或肛门开口于体外。

鱼的口腔主要起摄食功能，食管有输送食物的作用及选择食物的功能；胃具有容纳和消化食物的机能；肠分大肠和小肠，是消化食物和吸收养分的主要场所，在肠消化食物过

程中，胰腺和肝脏起着极其重要的作用。

鱼的消化腺有两类。一类是埋在消化管壁内的小型消化腺，如胃腺、肠腺等；另一类是位于消化管附近的大型消化腺，如肝脏和胰脏，有输出导管连于消化管上。肝脏位于鱼体腔前部，不仅是鱼类最大的消化腺，而且是功能最多的新陈代谢器官之一。肝脏分泌的胆汁能使脂肪乳化，以增大脂肪与消化酶的接触面积，激活脂肪酶，使肠腔保持碱性环境，刺激肠管运动，参与蛋白质消化过程。胰脏分外分泌部和内分泌部，外分泌部是消化腺，为胰脏的主要部分，分泌消化酶；内分泌部为胰岛，分泌胰岛素等激素。胰脏外分泌部能分泌胰蛋白酶、胰脂肪酶、胰淀粉酶和胰麦芽糖酶等，这些消化酶能对饲料中的蛋白质、脂肪和糖类物质起消化作用。

（三）鱼类对饲料的消化

饲料在鱼消化道内经过物理性的、化学性的和微生物性的消化作用，其中复杂的大分子有机物质（蛋白质、脂肪、糖类物质等）被降解为简单的小分子物质（氨基酸、甘油、脂肪酸、单甘油酯、单糖、小肽、其他小分子物质），从而被鱼体吸收，并通过血液流到鱼体供各组织利用。因此，鱼类营养的首要过程是消化。鱼对饲料的消化方式有物理性消化、化学性消化和微生物性消化，其中化学性消化是主要的消化方式。

物理性消化：鱼的物理性消化器官主要是口咽腔内的牙齿和消化管的管壁肌肉。

化学性消化：这种消化即酶消化。食物在胃蛋白酶、胰蛋白酶、糜蛋白酶、胰脂酶、胰淀粉酶、寡糖酶、肽酶等消化酶催化下被消化。这是食物的主要消化过程。

微生物性消化：鱼消化管尤其是后端消化管栖居有微生物，如鱼胃的幽门垂和噬齿动物的盲肠一样，含有较多量的细菌，而这些细菌能分泌纤维素分解酶以及其他酶，从而对食物有一定的消化作用。

(四) 营养成分分类

饲料的营养成分大致分为六大类，即水分、粗蛋白、粗脂肪、碳水化合物、维生素和矿物质等，它们之间的关系可概述如图 1。

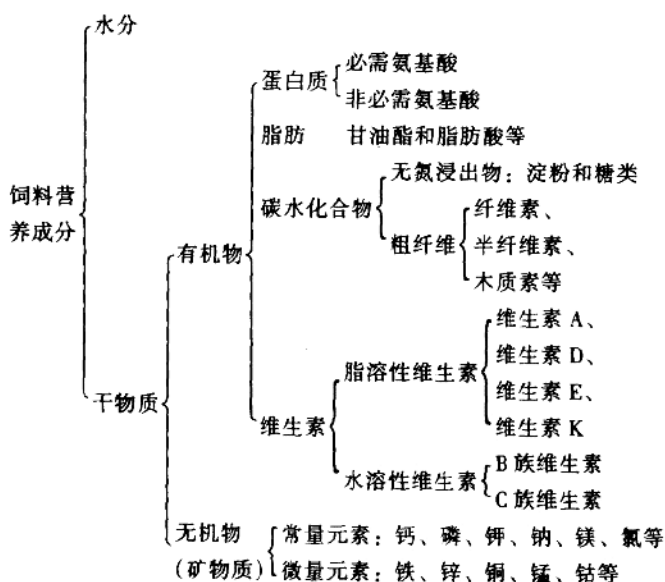


图 1 饲料各营养成分之间的关系

二、生理功能

(一) 蛋白质

1. 蛋白质的性质与功能

蛋白质是一切生命的物质基础。是生长和维持生命所必需的一种营养物质。蛋白质不但是生物体的重要组成成分，而且还是催化代谢过程中调节和控制生命活动的物质。蛋白质直接关系到鱼类的生长、发育和繁殖。其生物学作用表现在：作为结构物质，是鱼体内许多活性物质的主要成分或全部成分；供作机体组织更新修复的原料；用作体内酸碱缓冲物质；合成具有特殊作用的活性物质或转化为糖和脂等其他成分；供作能源物质。

蛋白质本身是高分子物质，可以用酸碱或酶来催化水解为氨基酸。氨基酸是构成蛋白质的基本单位。鱼类摄取的蛋白质必须经过消化分解后以氨基酸的形式被吸收利用，因而，蛋白质营养价值的高低取决于其所含氨基酸的种类、数量和比例。

鱼类在体内通过生化代谢过程可以自身合成大部分的氨基酸，但还有一部分氨基酸不能自身合成，而必须依赖于外界食物供给，这类氨基酸就称为必需氨基酸。一般认为组氨酸、精氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、赖氨酸、蛋氨酸、苯丙氨酸、苏氨酸、缬氨酸和色氨酸等 10 种氨基酸是鱼类的必需氨基酸。

不同鱼类对蛋白质中氨基酸组成和食量有不同的要求。肉食性鱼类中偏于凶猛鱼类对蛋白质的要求最高，如鳊、鲮、鳙、乌鳢等对蛋白质的需要量通常占饵料的 50% ~

60%，一般的肉食性鱼类饵料中蛋白质的需要量为40%~50%，如虹鳟、青鱼等。杂食性鱼类对饵料中蛋白质要求占35%~40%，如鲤和罗非鱼等。草食性鱼类及某些杂食性鱼类对蛋白质的要求最低，一般需要量为25%~35%，如草鱼、鲂、鲫等。但不管是哪一类鱼，与陆生动物相比，饵料中蛋白质的要求均高于家畜2~3倍。

2. 蛋白质营养价值的评定方法

要使鱼类保持健康和实现最大的生长量，不仅需要饲料中含有一定量的蛋白质，还需要蛋白质有较高的生物价。蛋白质的生物价决定于饲料蛋白质中必需氨基酸的组成和动物与必需氨基酸需要量的关系。并非氨基酸的含量高就好，各种氨基酸之间的比率是决定营养价值的重要因素。蛋白质中必需氨基酸的种类如果和动物所需求的种类差别很大，这种蛋白质就属不平衡蛋白质，如用它来饲养鱼类，鱼类生长缓慢，出现肝脏异常积累脂肪等生理障碍。

在营养学上，以饲料蛋白质的生物学价值来衡量饲料蛋白质在动物体内的利用程度。蛋白质的生物学价值是指被动物消化道吸收的蛋白质氮与存积在体内的氮所占的百分数。经消化吸收进入体内的蛋白质，一部分被用于合成体蛋白质，一部分被分解，随尿或鳃排出体外，所以未被排泄的氮就是积存于动物体内的氮。若用于合成体蛋白部分所占比例高，即存积于体内的氮占的比例高，说明蛋白的利用率高，即蛋白质的生物学价值高，反之则低。饲料蛋白质中必需氨基酸的种类和数量愈接近鱼体的需要，它的利用率就越高，生物学价值也越高。

饲料中蛋白质营养价值的评定有如下几种概念：

蛋白质效率 = 体重增加量 / 蛋白质摄取量；

饲料蛋白质消耗率 = 饲料蛋白质摄取量 (克) / 鱼体重净增加量 (千克);

净蛋白质率 = (蛋白质饲料组的体重增加量 + 无蛋白质饲料组的体重减少量) / 蛋白质摄取量

在考虑鱼体重增加量的同时, 增加维持体重的量, 无蛋白质饲料组减少的重量即为维持量。

蛋白质净利用率 = (试验蛋白组动物体含氮量 - 无蛋白饲料组动物体含氮量 + 从无蛋白饲料中摄取的氮量) / 试验蛋白组摄取氮量 $\times 100\%$, 表示鱼体摄入氮量与鱼体保留氮量的百分比。

或蛋白质净利用率 = (试验蛋白组动物体含氮量 - 无蛋白饲料组动物体含氮量) / 试验蛋白组摄取氮量 $\times 100\%$

蛋白质的生物价 = 动物体中存积氮 / 消化道吸收氮 $\times 100\%$

蛋白价用试验蛋白质的第一限制氨基酸对标准蛋白质的相应必需氨基酸含量的百分比表示。

3. 饲料蛋白质的最适含量

饲料蛋白质的最适含量与许多因素有关, 如水温、鱼的年龄及鱼对饲料中蛋白质以外的能源利用程度等。表 1 是部分鱼类饲料蛋白质含量需求。

表 1 鱼类饲料蛋白质含量 (%)

种类	鱼苗—鱼种	鱼种—成鱼	成鱼—亲鱼
草鱼	25	20	15
青鱼	41	33	28
鲤	43 ~ 47	37 ~ 42	28 ~ 32
鳊	50 ~ 56	45 ~ 50	/
鳙鱼	35 ~ 40	25 ~ 36	28 ~ 32
鲢	> 40	> 40	> 40
真鲷	45 ~ 54	43 ~ 48	

维持鱼体蛋白质现状，即维持生命的蛋白质的最低必要量，是补充内源性氮的排泄量所必需的蛋白质量。鱼类对蛋白质的最低需要量是随鱼的种类、大小和水温不同而不同的。

在一般情况下，当饲料蛋白质含量增加到最适含量前，鱼的增重即体蛋白质积累是随饲料蛋白质含量增加而增长的，达到最适含量时，鱼体增重最大。但是，饲料蛋白质含量并非越高越好，当超过饲料蛋白质最适含量后，增长速度逐渐减慢。蛋白质含量过高时因代谢产物氨的积累和能量蛋白比失调，造成鱼生长停止，以致中毒死亡。

氨基酸是构成蛋白质的基本单位。饲料中的蛋白质要在消化道中被分解成氨基酸，才能被鱼体吸收利用。因此，鱼体对蛋白质的需要最终体现在对氨基酸的需要。

(二) 糖类

1. 糖类的性质与功能

碳水化合物在营养学上被分为粗纤维和可溶性碳水化合物两大类，后者又称无氮浸出物，包括单糖、双糖和多糖（淀粉类）。碳水化合物的生理功能为：供能、形成体脂的原料、为体内合成非必需氨基酸提供碳架、构成体组织的成分、节省蛋白质。碳水化合物的摄入，增加了三磷酸腺苷（ATP）的形成，从而减少了蛋白质用于供能的量，同时有利于氨基酸的活化及蛋白质的合成。

2. 鱼类对碳水化合物的利用能力

鱼类对碳水化合物的利用能力随鱼的种类和食性而异，一般草食性鱼类和杂食性鱼类对碳水化合物的利用能力较肉食性鱼类高。草鱼、鳊和鲂能以多种水、旱草类为食，能适应低蛋白、高碳水化合物的饲料。鲤、鲫、罗非鱼及斑点叉

尾鲷等典型杂食性鱼类消化管中淀粉酶活性较高，对高碳水化合物饲料消化能力强。虹鳟、鳗、鲮等肉食性鱼类对碳水化合物的需要和耐受能力远比草食性鱼类和杂食性鱼类低。肉食性鱼类经过长期的高碳水化合物饲料饲养，会造成生长障碍、高血糖症和死亡率增高。虹鳟饲料中碳水化合物的适宜含量为 20% ~ 30%，真鲷和鲮饲料中碳水化合物在 20% 以下，过高会引起肝糖积累，血糖升高类似糖尿病症状。暖水鱼（鲤、真鲷、罗非鱼）对淀粉的利用率比葡萄糖和糊精高。而鳟对低分子量碳水化合物（葡萄糖等）的利用率高于高分子碳水化合物的利用率。沟鲈不能利用单糖和二糖作为能量来源。

鱼类对碳水化合物的利用能力因其种类而变化，分子量越小，利用率越高。以单糖尤其是葡萄糖利用率最高，其次是麦芽糖、蔗糖、糊精和淀粉，利用率最差的是半纤维素和纤维素。淀粉加热糊化即 α -化后利用率会大大提高， α -化的淀粉保存不当或过长时间会老化成为 β -淀粉，而难以消化。

3. 碳水化合物的适宜含量

碳水化合物的适宜含量除因鱼的种类、食性和碳水化合物的种类的不同而不同外，还与鱼的年龄、生长季节及水温有关。如幼鱼处在生长阶段，要求蛋白质含量高，碳水化合物的需求量相对较低。鱼类饲料中碳水化合物的含量变幅在 10% ~ 45%，冷水鱼类为 20% 左右，温水鱼类为 30% 左右。表 2 为鱼类饲料中碳水化合物的含量。

（三）脂肪

1. 脂肪的性质与功能

粗脂肪分为单纯脂肪和复合脂肪，单纯脂肪包括脂肪酸和固醇类，复合脂肪包括中性脂肪、磷脂和蜡质等。脂肪的

表 2 鱼类饲料中碳水化合物的含量 (%)

海水鱼和冷水鱼	含量	淡水、温水鱼	含量
尖吻鲈	≤ 20	沟鲈	25 ~ 30
大西洋鲑	≤ 20	鲤	30 ~ 40
Plaice	≤ 20	鳗	20 ~ 30
太平洋鲑	≤ 20	草鱼	37 ~ 56
虹鳟	≤ 20	虱目鱼	35 ~ 45
黄鳍鲷	≤ 10	条鲈	25 ~ 30
		罗非鱼	~ 40

生理功能主要是：供给能量，其产热量约比同量的碳水化合物或蛋白质产热多 2.25 倍；构成机体组织；提供必需脂肪酸；脂溶性维生素 A、维生素 D、维生素 E、维生素 K 的溶剂；供给必需脂肪酸；作为固醇类激素合成的原料；节省蛋白质。

2. 脂类的分类

脂类分为脂肪酸、类脂质的胆固醇和磷脂。

(1) 必需脂肪酸。脂类有的可由鱼体生物合成，有的则不能合成，或合成量远远达不到鱼生长发育的需要，由此而产生的缺乏症严重影响幼龄期鱼的生存和生长，这类脂肪酸称为必需脂肪酸 (EFA)。多元不饱和脂肪酸 (PUFA) 维持膜的渗透性和弹性、酶的活性、前列腺素的产生及其他功能。鱼类需要 n-3、n-6 和 n-9 系列脂肪酸。必需脂肪酸的活性随鱼种类的不同及环境条件如温度和盐度的不同而变化。

(2) 胆固醇。胆固醇是最有代表性的胆固醇类，它是体内性激素、肾皮质激素、胆汁等维持生命需要的重要物质的