

鱼 虾 饵 料 与 投 饵

——水产业鱼虾配合饵料
加工和使用手册

联 合 国
水产养殖发展与
协 调 项 目
文 集

ADCP/REP
87/26



联合国
粮食及农业组织

鱼虾饵料与投饵

——水产业鱼虾配合饵料 加工和使用手册

作者: Michael B. New

(水产养殖发展与协调项目

高级水产养殖专家)

联合国
水产养殖发展与
协调项目
文集

ADCP

87/26



联合国
粮食及农业组织

本书原版为联合国粮农组织的UN-ADCP文集(87/26)《鱼虾饵料与投饵》(FAO, ADCP/REP No.87/26, FEED AND FEEDING OF FISH AND SHRIMP, ISBN 92-5-S4314-5/CH, 1987, Rome)。

本书中所用名称及材料的编写方式并不意味着联合国粮农组织对于任何国家、领地、城市或地区和其当局的法律地位或对其边界的划分表示任何意见。使用“发达经济”和“发展中经济”这两个词是出于统计上的方便,并不是对某个国家或地区在发展过程中已达到的发展阶段作出的判断。

鱼 虾 饵 料 与 投 饵

联合国粮农组织

CPP/90/26

版权所有。未经版权所有者事前许可,不得以电子、机械,照相复制等任何方法或其他程序全部或部分翻印本书,或将其存入检索体系,或发送他人。申请这种许可应写信给联合国粮农组织出版司司长(意大利罗马Via delle Terme di Caracalla, 00100),并说明希望翻印的目的和份数。

© 粮农组织 中文版 1991年 北京印刷

ISBN 92-5-S4314-5/CH

FEED AND FEEDING OF FISH
AND SHRIMP

(FAO ADCP/REP/87/26)

ISBN 92-5-S4314-5/CH

摘 要

本手册是一本针对小型水产养殖中有关饵料的选择、生产、贮藏、使用等问题的普及读物。它的读者对象是鱼类和甲壳类养殖者、技术推广官员以及水产养殖专业的大学生。

投饵可以提高水产养殖场的生产力，但它是整个生产成本中耗费最大的一个项目。所以谨慎地对待它是至关重要的。本书旨在解答一些基本问题，而这些问题很可能是那些在发展集约式生产项目中使用饵料技术的人们所遇到的。

本手册的主要部分是介绍饵料的需要、饵料成分、饲料选择、饵料生产、营养需求、贮藏、投饲技术、记录保持以及有关问题。文后附有18个附录，有关饵料配方、饲料机械、投饵设备、饵料成分简表、粘合剂、投饵表和分析方法等。

目 录

	页 次
1.前言.....	(1)
2.为什么需要饵料?	(2)
2.1 能量.....	(2)
2.2 鱼类的摄食习性.....	(3)
2.3 天然饵料类型.....	(5)
2.4 施肥(背景—施肥效益)	(6)
2.5 投饵效益(背景—效益)	(8)
3.饵料是由什么组成的?	(12)
3.1 饵料的营养成分和其它成分(水分—脂类和脂肪酸—蛋白质和氨基酸—碳水化 合物—能量—矿物质—维生素—饵料中的其它成分—饵料分析情况的小结).....	(12)
3.2 如何理解饵料成分表(水分含量—一些个别饵料成分表的使用说明)	(23)
4.在我的养殖场里可以用什么样的饵料?	(28)
4.1 配料类型(草类—豆类—其它饲料植物—水果和蔬菜—块根作物—谷类油料籽 和油料饼—动物性饲料—其它饲料—添加剂)	(28)
4.2 配合饲料的优点.....	(31)
4.3 饲料的外形.....	(34)
4.4 不同类型配合饲料的选择.....	(35)
5.能否自己生产配料.....	(37)
5.1 我如何选择配料?	(38)
5.2 我如何决定每种配料的使用量(配方)?	(39)
5.3 我需要哪些机械设备? 到哪儿去买?(饵料类型—机器或设备类型—设备选型)....	(48)
5.4 如何生产配合饵料?(简单混合饵料—加工成形—熟化—干燥—配合饵料生产)....	(62)
5.5 饵料生产的经济性.....	(68)
5.6 在我生产配合饵料的过程中会遇到什么问题?	(70)
6.不同鱼虾需要的饵料和举例说明.....	(72)
6.1 鲑鱼和鳟鱼.....	(73)
6.2 鳊鱼(斑点叉尾鲷—其它种类)	(73)
6.3 鲤科鱼类(鲤鱼—印度鲤和中国家鱼)	(74)
6.4 罗非鱼.....	(75)
6.5 虾类.....	(76)
6.6 其它种类(欧洲鲈、鲷、石斑鱼和鲷鱼—其它种类)	(76)
7.怎样贮存饵料?	(79)
7.1 饵料贮藏过程中的损耗和变质(物理损耗—水和热破坏—害虫破坏—真菌破坏 贮藏过程中的化学变化)	(79)

7.2 贮藏步骤 (具体注意事项 干贮的一般建议)	(81)
8. 用投饵方法养殖鱼虾, 需要多少饵料? 怎样投喂? 多长时间一次?	(83)
8.1 投饵比例	(83)
8.2 投饵频度和其它因素 (鲢鳙鱼类 鲰鱼 罗非鱼 鲤鱼 其它鱼类 虾类)	(86)
8.3 生物量估算	(88)
9. 怎样记录投饵工作? 怎样积累经验?	(91)
9.1 饵料类型的记录	(91)
9.2 饵料使用记录 (一般管理记录 投饵记录)	(93)
9.3 怎样利用记录	(94)
9.4 统计	(94)
10. 到哪里去买鱼虾饵料?	(95)
11. 关于饵料生产和销售	(97)
12. 使用饵料过程中需注意的问题	(98)
12.1 有毒或低质饵料	(98)
12.2 水质	(98)
12.3 养殖场排放水	(99)
12.4 疾病	(99)
致谢	(99)
附录1. 维生素和矿物质混合物举例	(100)
2. 养殖种类的配方举例	(105)
3. 一些提供饵料生产设备的公司名称及地址	(113)
4. 饵料成分表	(115)
5. 水产养殖饵料成分说明	(130)
6. 鱼液体蛋白饵料	(137)
7. 太阳光饵料干燥装置	(138)
8. 生产和提供鱼虾配合饵料的公司的名称及地址	(139)
9. 名词术语	(142)
10. 单位换算和常用公式	(144)
11. 容积密度、成颗粒能力和颗粒规格	(147)
12. 饵料粘合剂	(150)
13. 投饵表	(151)
14. 投饲方法	(155)
15. 饵料中有毒物质和抗代谢物	(163)
16. 饵料分析方法	(164)
17. 书中水产养殖物种学名	(171)
18. 书中所列饵料原料的学名	(173)

第一章 前 言

本手册通俗易懂，可指导在小规模水产养殖生产中对饵料的选择、生产、贮藏和利用。它主要是针对一指长的小鱼与后期幼体虾和对虾饲养成商品规格过程中的饵料，而不包括孵化或生物饵料或施肥技术，这些内容属于粮农组织其它书的范围。本手册的主要对象是鱼类和虾类养殖者，技术推广官员以及水产养殖专业的大学生。

本手册所涉及的内容是很广的。但由于篇幅所限，只可能对每个方面的主要情况作些介绍和总结。由于这个原因，每章或小节后面，在“阅读材料”的标题下都列出了一系列有关的参考文献，读者可以从中查找自己所感兴趣的文章。

本书由前言和11章组成，每一章都回答了一个基本问题，如“为什么我需要饵料？”“饵料是由什么组成的？”“我能自己生产配合饵料吗？”等等。

书后的18个附录还包含了各种各样的专题。这些专题列举了40多个鱼和甲壳类饵料配方的例子、预混料、配料说明、投喂表、投饵机以及书中所用的术语汇编。〔1〕

作者希望读者将从本手册中获得帮助和效益。欢迎对书中的错误或遗漏之处提出建设性的批评，以便在新版中能得以修正。

〔1〕 水产养殖物种的学名列于附录17；配料的学名列于附录18。

第二章 为什么需要饵料?

本书要讲的是鱼已经在我的池塘中生长,我已经能够利用施肥的方法来提高产量,为什么还要花更多的钱在饵料上?我将会获得更多的利润吗?

本章将试图解答这类问题。解答之后,书中的其余章节将介绍那些可以利用的饵料的种类,如何制作混合饵料以及在你的养殖场里如何贮藏和利用饵料。

本章主要介绍能量和鱼类摄食习性。然后再介绍那些鱼类可利用的饵料种类。接着讨论如何提高鱼类所用饵料的效益的各种途径。最后谈谈有关投饵经济效益的问题。

水产养殖的目标应该是在最短的时间里,以最低的成本,在单位水体中获得最高的商品鱼或虾的产量。

2.1 能量

鱼和虾需要食物来获得能量,用以支持自身运动和其它各类活动。同时也需要食物作为自身生长的物质基础。在这一点上,它们与其它养殖动物或人类没什么区别。可是水生动物是冷血性动物,它们的体温与所赖以生存的水体的温度是相同的。因此,它们不必消耗能量来维持稳定的体温,它们要比其它养殖动物更能有效地利用食物。然而,它们的代谢率很大程度上依赖于其所生活的水体的温度。各个种类的最佳温度(即最适合生长的温度)是不同的。在它们可以忍受的温度范围内(即在此温度范围内,能够生存、摄食和生长),最佳的温度点可以提高它们的代谢率和饵料需求。因此,在季节性水温变化比较大的地区,鱼类在夏季的摄食强度比在冬季要大得多。

能量可以被定义为做功的能力。能量需要用于做机械功(如,运动中的肌肉活动)、化学功(发生在体内的化学过程)、电功(神经活动)和渗透功(保持各种体液之间,体液与它们所生活的媒介,无论是淡水、咸淡水或是海水之间的平衡)。自由能量是指除了维持体温后所剩下的用于生物活动与生长用的能量。多余的能量作为热量散发掉。

就鱼类或虾类养殖者来说,在经济上最重要的事情是研究养殖动物用于其生长所需要能量的数量和成本。饵料提供了这类能量。不同种类对饵料数量和质量的要求是不同的,这主要是因为各种动物的特性、食性、大小、环境以及生殖习性等不同所致。

一种饵料的总能量(或总卡值),有时也称作GE,是指全部所含的能量。并不是所有的能量都能被动物所利用。饵料中不同的成分所含能量的值是不同的。这个问题将在本书的第3章做详细介绍。饵料中可吸收的能量是饵料总能量(GE)减去排泄物中所含有的能量。用于个体生长的能量是满足了新陈代谢^[1]和繁殖后所剩余的能量。

小鱼和小虾的新陈代谢率比其大的个体要大。小个体每天体重的增长率比大个体要大。因此小鱼和小虾对饵料的需要与大个体是不同的,小的个体要求有较高的投饵率(附录13)。在达到一定大小后,生长速度就开始迅速下降。除非有其它市场因素发生作用,所养殖的种

[1] 新陈代谢是体内所有化学和能量转化的过程,这是一个营养物质变为机体物质的过程。新陈代谢包括能量存贮(组成代谢,如:脂肪、蛋白质和糖)和转化成做功和生长的自由能量(分解代谢)。

类就在这一时候达到最佳商品规格。

关于能量需求问题将在第 2 章末的参考文献中详细介绍。

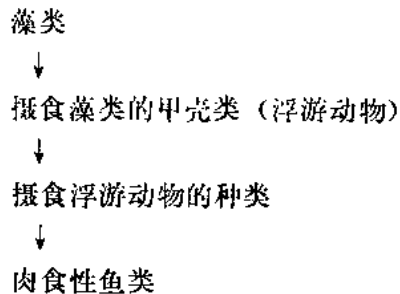
2.2 鱼类的摄食习性

鱼类根据其在天然条件下的食性，大致可分成 4 类，即：草食性、碎屑食性、肉食性以及杂食性。

草食性鱼类直接取食于绿色植物，这些绿色植物是所有食物能量的主要来源。植物利用太阳光能量，把水、空气中的二氧化碳以及溶解在水中的营养物质转化成有机物。这个过程称为光合作用。草食性鱼类和虾类可以摄食池塘中的微型植物（如小型藻类或浮游植物）或大型植物。食植物的动物是对太阳能量最有效的利用者。食物链愈长的动物，对太阳能量的浪费愈大。

碎屑食性的动物对能量的利用也是很有效的，因为它们主要取食于池塘底层死亡的有机质（以及任何有关的活生物）。它们大部分的食物是与死亡的植物和动物腐烂分解过程中有关的真菌和细菌。池塘中的碎屑或来自于池塘内部，或来自于池塘外部（如池边树上掉下来的树叶等）。

肉食性鱼类和虾类摄食其它动物，通常是个体比自己小的动物。那些摄食池塘中微型动物（浮游动物）的种类，通常被分在浮游生物食性一类中，同时也可包括在碎屑食性或杂食性类中。肉食性种类所摄食的较大型动物有：昆虫及其幼体、青蛙、蜗牛、软体动物以及其它鱼类和甲壳类。摄食其它鱼类的鱼类有时也被称为食鱼性的。在一个池塘环境内，有一系列的动物，这一种类掠食那一类，那一类掠食其它种类等等，一直连续下去直到食植物性种类那一级，这就是众所周知的食物链。食物链中地位高的种类，即摄食某些特定鱼虾的种类，对天然的能量转化为自身肌肉的效率就越低。摄食天然饵料的食鱼种类如鳊鱼，是能量转化最低的种类之一^[1]。肉食性鱼类的食物链至少包含以下 4 个环节：



杂食性种类在食性上几乎没有特别的选择，根据所利用的饵料的情况，它们可以食植物、碎屑以及动物性食物源。它们对植物能量的转化率不如草食性或碎屑食性的种类，但高于肉食性种类。这 4 种类型的水生动物的例子如表 1 所示。

也许，最有效地利用池塘中天然饵料的方法是混养（即同时饲养多种鱼或虾）。如果认真地选择养殖种类，那么就会使得每一种类都能获得自己的饵料，而不至于相互之间在取食

[1] 肉食性种类因为它们的食性，要求饵料中蛋白质的成分较高。这就意味着人工饵料的成本较高，因为蛋白质是最贵饵料成分。肉食性种类在消化动物蛋白时要比消化植物蛋白需要更多的能量去消除那些高层次的含氮废物。

上出现竞争。这种养殖方法最著名的例子是鲤科鱼类（印度鲤或中国鲤）的混养。这类方式可以使在一个池塘中饲养多达 4 到 5 种的鲤科鱼类而不发生食性竞争。

表1 水生动物食性例子

草 食 性	碎屑食性	杂 食 性	肉 食 性
草鱼	鲢鱼	鲤鱼	鳊鱼
软体动物 (蛤、牡蛎、贻贝等 [1])		淡水虾	Kuruma 虾
鲢鱼 [2]		鳊鱼	乌鳊
鳊鱼		斑点叉尾鮰	鳊科鱼类
鳊鱼		鳊鱼	鳊鱼
各种罗非鱼			尖吻鲈

[1]食浮游生物或浮游动物的种类。

[2]食浮游植物种类。

鱼类的食性是其消化组织结构的反映。举个典型的例子，肉食性种类肠子短，但连有一个可扩展的胃来容纳被摄取的食物。趋向于肉食性的杂食性种类仍有一个较大的胃，但同时也有根较长的肠子。趋向于植物性的杂食性种类如鲤鱼，有咽齿，没有胃，却有一段较长的肠子。草食性鱼类，尤其是食浮游植物的种类，有着最长而且最复杂类型的肠子。关于这方面的组织结构问题，可以查看史密斯 (Smith, 1980) 的文章。

在池塘养殖上经常用到初级、次级、三级生产力等术语。初级生产者是指藻类，它们利用太阳光能量，把营养物质、二氧化碳以及水转化成有机物质（饵料）。大型植物也是初级生产者，但是，除非它们被鱼类食用，否则对池塘生产力不产生作用。相反，它们的遮阴及与池塘水争夺养分反而使得池塘生产力下降。摄食有机物质的种类形成了池塘的次级和三级生产力。次级或中间生产者是食植物性饵料的种类。它们把植物“抬”到了第二级上。这级生产者只能将部分的饵料用作于自身生长，大约90%被新陈代谢所耗费。三级生产者是食其它动物的种类，导致了能量进一步类似地被消耗。食用的养殖鱼虾是池塘的最终生产者（当然在管理不好的情况下，它们也可能被其它鱼或水生动物作为饵料吃掉）。

因此，很显然，阳光和池水中的营养物质是在数量上限制植物体生产的因素（因而也限制了食物链上的所有其它环节，有时也称为营养级）。池塘中引进了鱼虾以后，其摄食活动导致了饵料生物种群稀疏，留出了更多的生长空间，加速了鱼、虾的生产过程。鱼通过排出的废物也反馈了一些营养物质到池塘，然而，最大的池塘基础（初级）生产力最终还是取决于水中的营养物。池塘在一定的初级生产力水平下，只有在最适当的放养密度下才能获得最大的鱼产量。放养密度太低，鱼生长得快，但数量少，结果饵料过剩，鱼吃不完。放养密度太高，由于饵料不足，造成鱼生长缓慢甚至不长。有些鱼类在正常的池塘条件下，不会自己繁殖，因而捕捞的数量决不会超过放养量。而有些种类在被捕捞之前会自己繁殖，所以其数量会增长很快，除非有意去控制它。这将会导致生物量太大，而达不到最佳的生长速度。

鱼、虾的食性不仅种间有差异，就是同一种类，随着年龄的变化也会变化。尽管当它们

长到后期幼体或鱼种阶段后，种间的食性差异很大（如分别为草食性、肉食性、杂食性或碎屑性），但是大部分种类在鱼苗或幼体阶段的食性是相似的。成鱼和虾的口、消化道和鳃的结构与其所摄食的饵料类型是相适应的。鱼苗和虾幼体主要是吃藻类和小型浮游动物，如桡足类、枝角类、水生动物幼体、轮虫等（见2.3节）。食性也可随环境的变化而变化。鱼的食性分类只是象征性的，不是绝对的。

2.3 天然饵料类型

在继续谈论如何增加池塘或其它水体中饵料量（无论是直接地影响其初级生产力或是利用其它方式）之前，本节将简单描述一下鱼、虾不同天然饵料的类型。这里只介绍那些处于食物链低层或低营养级的饵料，而不介绍那些大型的动物性饵料。

单细胞藻类

这些是微型的单细胞植物，是主要的初级生产者，它们利用太阳能将养分经过光合作用制造成饵料。它们繁殖非常快，因此提供了很好的营养源。

丝状藻类

这些植物与单细胞藻类以同样的方式进行光合作用。它们是由许多小藻类细胞群体连接起来的。通常认为它们对养殖种类是不可食的，因而是池塘中的废物，但是有些种类（如绿丝状藻类）在一些国家却大量地培养用于养虾和遮目鱼（见下面的Lumut）。丝状藻类群体有可能是很大的，而且会形成很密集的团块，造成池塘物理上的问题，而使管理发生困难。

LAB—LAB

这是一个主要由底栖蓝绿藻和硅藻以及其它动植物组成的群落。

LUMUT

这是一个主要由丝状绿藻以及其它藻类和动物组成的群落。

细菌和真菌

属于微生物，它们生长很快，生活在池底的碎屑中，如死亡的浮游植物细胞和死亡的动物组织中。

浮游动物

正如微型植物被称作浮游植物一样，浮游动物是指那些微型动物。浮游动物与浮游植物二者通常被称作浮游生物。浮游动物包括轮虫^[1]（其中最出名的是吃藻类细胞的*Brachionus plicatilis*）、枝角类（包括水蚤，其中最出名的是*Daphnia spp.*和*Moina spp.*）桡足类（如*Calanus spp.*、*Cyclops spp.*以及anostracans^[2]，其中水产养殖上最熟悉的是*Artemia spp.*）。

淤泥虫

昆虫幼体如摇蚊幼虫和各类蠕虫属于此类，它们生活在淤泥和有机碎屑中，吸取其中细菌和真菌分解出来的养分。

其它昆虫幼体

它们生活在水体中，捕食其它饵料动物，也摄食虾苗和鱼苗，但它们自己也成为那些大型鱼类的饵料。

[1]也叫车轮微生物。

[2]也称丰年虫。

2.4 施肥

2.4.1 背景

在养殖设施（池塘、水槽、围栏的水体、网箱等）中，只要有足够的适口饵料，就有可能生产出最大的生物量（即动物的总重量）。仅仅多放养鱼苗并不意味着能生产出更多的商品鱼。这种方式可以使鱼的数量增多，但鱼长得不快，任何时候鱼的平均重量均比放养速率较低状况下的要低。然而，要是其它参数，如水质能保持在最佳状态，如果饵料充足，养殖水体的产量可能会明显增加。提高养殖水体中饵料量的方法之一就是施肥。

本书不讨论具体的施肥技术，本节只是谈一下施肥的一些原理。

池塘施肥如同农业上土地施肥一样，是为了提高植物生长所需要的养分。在池塘中施肥，可以提高池塘的初级生产力，即提高藻类的生物量，从而也就提高了作为鱼或虾饵料的其它生物的生物量。

肥料可以是天然的有机肥，如动物粪便，或无机的化学肥料，如尿素。肥料所提供的养分主要是氮、磷、钾（在动物粪便中，还能提供有机碳）。

典型肥料的例子包括有：

单一化肥

	N (%)	可吸收磷 (如 P_2O_5) (%)	溶解钾 (如 K_2O) (%)	其它
尿素	46	—	—	—
单元磷酸钙	—	18—21	—	钙
三磷酸钙	—	43—50	—	钙
正磷酸	—	30—54	—	—
硫酸铵	21—22	—	—	24% 硫
氯化铵	25	—	—	66% 氯
硝酸铵	35	—	—	—
碳酸钾	—	—	60	氯
15 : 15 : 15 复合肥料	15	15	15	—

复合化肥

这是一个固定的数字式，第一个数字是指肥料中氮含量的百分比，第二个数字是指磷含量的百分比（如 P_2O_5 ），第三个数字是指钾的百分比（如钾肥， K_2O ）。

有时这种肥料也称为NPK肥料。

12—24—12是指含氮12%，可吸收 P_2O_5 24%， K_2O 12%。

16—20—0 是指含氮16%，可吸收 P_2O_5 20%。

45—0—0 是指仅含氮45%。

有机肥料

有机肥的例子有：①鸡粪；②牛粪；③猪粪；④堆肥。

有机肥料可以象无机肥料（化肥）一样直接施用，或者它们可以构成农畜和鱼综合养殖体的组成部分。在这种综合养殖体中，畜、禽可以和水生生物饲养在一起。例如，在许多国家都开展了鸭鱼、鸡鱼或猪鱼综合养殖系统。通常，在这样的系统中，投喂的对象只是畜禽，而鱼是吃池塘中的水生生物。这些水生生物是靠畜禽的粪便生长的。有的鱼还可直接利用粪便。

因此，施肥是一种提高池塘中天然可食饵料的方法。不同的施肥方式，就会培育出不同种类的饵料生物。例如，肥料中氮磷比高，对浮游植物有利。含磷高的有机肥料有利于“Lab—Lab”的生长。如果应用不当，有机肥料会使水中的含氧量降低。通常，有机肥料有利于浮游植物的生长。所以，有机肥料和无机肥料经常是结合使用的。施肥的计划要根据养殖鱼类的食性来制定。

施肥还往往被认为是提高池塘天然生产力的一种方法。例如，添加石灰，可以降低水中的酸性，释放出蕴藏在土壤中的营养源，同时还能提供储备的、光合作用所需要的二氧化碳。

2.2.4 施肥效益

要想归纳出施肥对养殖池生产力的效益不是一件容易的事。因为池塘生产力取决于多种因素，例如，养殖的种类、水土的质量、温度等。然而，关键的一点是如何挖掘出池塘天然生产力，这才是最重要的。池塘的天然生产力可能低至100—200公斤/公顷/年（即使这个数字是开阔水域的水平 的 2—4 倍）。在这样的池塘中，施肥或许可以把天然生产力的水平从 4—5 因素方面加以提高。从Kavalec (1976) 文章中摘出的下面几个例子表明，尽管在不同类型的池塘中，施肥的潜在效益是很明显的。在某一地区，那里的池土很贫瘠，并且池水不停地流动（造成肥料流失），施了460公斤/公顷的亚硝酸钠，360公斤/公顷的三元磷酸盐（TSP）以及15公斤/公顷氯化钾后，罗非鱼的产量达到了年产820公斤/公顷。而没有施肥的年产只有185公斤/公顷。在另一地区，用同样的水源，那里土质较好，水也可以控制，施肥率达50%以后，放养量分别为5000条/公顷、10000条/公顷、16000条/公顷的罗非鱼产量从年产800公斤/公顷分别提高到了1332公斤/公顷，1938公斤/公顷和2516公斤/公顷。本例中的天然生产力在这个地区已经是非常高的。

施肥的效益可以通过一系列不同的方法来计算。其中一个单位产量成本（Incidence of cost），这是由Vincke (1969) 提出来的公式。

$$\text{单位产量成本} = \frac{\text{肥料成本}}{\text{鱼产量 (公斤)}}$$

第二个比较方法是由Miller (1976) 提出的效益指标（Profit Index）：

$$\text{效益指标} = \frac{\text{鱼产值}}{\text{肥料成本}}$$

这些公式也同样适用于投饵效益（2.5节）。

然而，无论是肥料成饵料，无论是鱼虾的产量或产值，除了成本的计算以外，还有另一个因素，那就是养殖动物饲养到商品规格所花费的时间。如果一个地区的养殖时间短（生长率提高），那么池塘就可以提前重新放养，效益也就会进一步取到。

施肥的成本效益的实际数据是不多的（Leopold, 1981）。

2.5 投饵效益

2.5.1 背景

投饵就是给所养殖的动物提供附加的或“人工”的饵料。这种饵料不是池塘中自然生长的。“人工”饵料可以是单一的原料物质，如米糠、花生豆饼，或简单的混合饵料，或复杂的由人工或机器制作的配合饵料。

饵料可以由人工投喂，也可以由自动投饵机投喂（附录14）。

饵料可以是补充饵料或全价饵料。补充饵料是对池塘中可利用的天然饵料的补充。换句话说，养殖动物的部分营养来自天然资源，而另一部分来自投入池塘中的“人工”饵料。投喂补充饵料提高了池塘的产量。“全价饵料”正如其名字所示，必须提供动物的所有营养需要。在集约式养殖系统（如水槽槽式养殖）中，全价饵料是必需的，因为那里完全没有天然饵料，或天然饵料含量离养殖生物总需求量相差甚远。例如，如果能让池塘年产虾4000公斤/公顷，而施肥在所产生的天然饵料只能够供给虾年产量1000公斤/公顷，那么在这种情况下，就有必要投喂“全价”的人工饵料。如果生产的目标比上面的低，那么“补充饵料”（即补充一些营养成分，但不完全满足动物的全部营养需要）就足够了。补充饵料比全价料便宜。补充饵料是低成本的农业和动物副产品，它可以被鱼类直接食用，同时也可作为有机肥料。这些物质（如加工厂的下脚料或酒厂废弃物）可以单独投饵料或与其它物质一起制作成浆或颗粒。

本手册的后面（第3章）将介绍如何选择饵料成分，养殖的各种鱼虾对营养的要求，以及如何制作、贮藏和投喂饵料。

2.5.2 效益

正如本节前面所指出的，施肥是一种通过挖掘天然饵料（池塘天然生产力）来提高池塘或其它养殖水体产量的方法。然而，通过施肥来提高产量是有限的。有机肥料特别容易引起水质问题。

“人工”饵料（即通过人工将其投入池塘中去的饵料，后面将它简称为“饵料”），通常比施肥更直接，它有效地提高了鱼类对饵料的吸收率。除了那些直接从有机粪便中取食粪渣的鱼类，施肥的作用就是提高池塘初级生产力。正如前面所说，在从初级生产者到最终被养殖的鱼虾这个食物链（食性层次）中，有很多环节。在每一个食性层次中，大约有90%的原始能量被损失掉。然而，肥料通常比起饵料更容易获得，而且按单位成本算也比较便宜。因此，只要有可能，就应该使用肥料来提高养殖产量。但在某些情况下，例如，在水流交换比较快的水槽或池塘中，施肥浪费较大，因为许多物质在被利用之前就被冲到池塘外面了。饵料可以为大部分的鱼类立即食用。对于虾类相对就更快了，如果水流比较稳定，饵料基本上不会浪费掉。

利用提高池塘放养密度来达到提高鱼类生物量的做法会使水质恶化。因此，必须通过大量的水体交换和人工增氧来改善水质。这些设备可以除去有毒的可溶性排泄物，而保持养殖生物生长和生存所需要的一定溶氧量。这些条件对肥料使用是不理想的。

肥料和饵料在集约式水产养殖中都起着重要的作用，二者都能提高系统的生产力。在施肥量达到一个最高点后，就必须采用投饵的方法来增加产量。施肥适合于饲养那些处于食物链底层的草食性动物，如2.4节例子中的罗非鱼（除非饲养密度很高），而不适合于肉食性种类，如海洋鱼类，鲑鳟鱼和大部分虾类。

池塘养虾在没有施肥的情况下年产大约100—300公斤/公顷，而在施肥情况下可达600—1000公斤/公顷。然而，如果进行投饵，最大的生产潜力究竟多少恐怕目前还未达到。在台湾的一些养殖场，集约式养殖的年产量常常可以达到20000公斤/公顷。在日本，产量水平甚至还要比其高出50%。这些例子都是因投饲而发挥出潜力的典型例子。单位生产力的大幅度提高是可能的，但是总的成本（不仅仅是投饵所花费的成本，还有其它成本如水泵、增氧机以及鱼种等）也明显地升高。生产力的提高意味着收入的提高，尽管耗费是增加了，但资金的回收也增加了，这一点将在后面谈到。

饵料的效率通常是用生产出单位重量的鱼所需要饵料的量来计算的。这称为饵料系数（FCR）。饵料系数是用单位饵料量除以由其生产出的动物活体重（或叫湿重）。

$$\text{饵料系数 (FCR)} = \frac{\text{投喂饵料量}}{\text{生产出的动物重量}}$$

例如，在一口池塘中，生产出1250公斤的鱼，而在整个养殖周期中总共消耗了2000公斤的颗粒饵料，那么FCR为：

$$\text{FCR} = \frac{2000}{1250} = 1.6$$

通常FCR被写成1.6 : 1（即生产一个单位的鱼需要1.6单位的饵料）。FCR值越高，饵料效率就越低。例如，FCR为2.2 : 1的饵料其效益不如FCR为1.6 : 1的饵料。在计算饵料的FCR时，动物或饵料中的水分含量通常是不扣除的。这意味着湿的或潮的饵料比干的饵料自然有较高的FCR，因为饵料中含有很多水分，这并不意味着那些饵料的效率低，而只是说明必须在同一个水平上进行比较。如果是养殖场生产的饲料，那么通常湿的饵料相对要比同样类型的干的饵料便宜。严格地说，在比较不同饵料的FCR时，饲料的湿度应该基本相同，否则就要进一步计算。在拿潮饵料与干饵料进行比较时，其FCR必须要降到一个共同的水平，或者是以干物质作为标准，或者假设料含水量分为10%^[1]。例如：让我们假设干饵料的FCR是2.3 : 1，以及潮饵料的FCR为3.8 : 1。我们知道潮饵料的水分含量是35%，同时假设干饵料含水分分为10%（大部分的“干”饵料处于这个范围）。因此，潮饵料的FCR通过下式运算以后得出的就是一个可比较的数字：

$$\text{FCR} = 3.8 \times \frac{(100 - 35)}{(100 - 10)} = 2.74$$

然后两种饵料就可以进行比较了。在上述例子中，FCR为2.3的干饵料比FCR为2.74的潮饵料的效率高。严格地说，每种饵料的准确水分含量应该进行测定，然后它们之间的FCR用干物质进行比较。

上面计算的FCR只有在养殖动物全部食用“人工”饵料或“全价”饵料的情况下才是准确的。尽管在相当高集约化的养殖系统中，也会产生一些天然饵料，因为施肥或饵料残渣都会激发出水体中的天然生产力。因此，我倾向于使用“表观饵料系数”（AFCR）这个术语，因为真正准确的FCR只有在养殖动物完全没有食用其它饵料的情况下才能得出。从养殖生产者的观点出发，AFCR比FCR要重要，因为AFCR可以真正衡量出在他们特定的养殖场环境下使用某种饵料的经济效益。

[1] 养殖动物重量仍用湿重。

AFCR是一种在类似环境下使用不同饵料效果的方法。可是其它一些因素或许也很重要。第一个因素是两种饵料的相对成本。比方说，如果饵料“A”的AFCR是2:1，而饵料“B”的AFCR是2.5:1，那么表面上看来饵料“A”比饵料“B”好。但是如果饵料“B”的价格只是饵料“A”的75%，而其它所有因素都一样，那显然从经济角度来看，饵料“B”比饵料“A”好。让我们用一些具体的数字来计算一下这个例子。假设饵料“A”的价格是1.20美元/公斤，饵料“B”的价格是0.90美元/公斤，那么生产1公斤的鱼，用饵料“A”要花 $2 \times 1.2 \text{美元} = 2.4 \text{美元}$ ，而用饵料“B”只花 $2.5 \times 0.9 \text{美元} = 2.25 \text{美元}$ 。这样尽管饵料“B”的AFCR低，但使用起来更经济。我们这里所谈的单位饵料成本所生产出的产品或叫AFCR，与前面在2.4.2节中Vince (1969)所使用的“单位产量成本”是一样的：

$$\text{单位产量成本} = \frac{\text{所使用的肥料（或饵料）的成本}}{\text{所生产出鱼的重量}}$$

虽然AFCR和饵料（或肥料）的成本是两个重要的因素，然而其它一些因素在经济上也起着一定的作用。例如，上述例子中饵料“A”和饵料“B”的比较，只是在假设它们所生产出的鱼产值是相同的情况下进行的。如果饵料“B”生产出的鱼由于外观不好或味道不好而不畅销，那么两种饵料的比较效率就要重新评价了。这里Miller (1976)提出的“效益指标”是在比较中更为有用的方法。

$$\text{效益指标} = \frac{\text{鱼产值}}{\text{饵料或肥料（或两者）的总成本}}$$

这里将所使用的饵料（或肥料）的总成本与所生产成鱼的产值而不是产量进行比较。

同样，不同饵料效率的直接比较还必须是在假设食用它们的养殖对象在达到商品规格时所用的时间是一样的（即生长率是一样的）。如果饵料“X”喂养的动物在4个月内达到商品规格，而饵料“Y”只要3个月就能得到同样的结果，那么尽管两种饵料的价格是一样的，AFCR是一样的，养殖动物的市场价格也是一样的，饵料“X”的效率还是比饵料“Y”低。

因此，评价两种饵料的相对效率需要考虑下列几种因素：

AFCR

饵料成本

生长率

产品的市场价格^[1]

投饵成本^[2]

饵料成本是随着养殖系统的集约化程度的提高而提高的 (Leopold, 1981)。随着生产集约化程度的提高，天然饵料的重要性也就降低了。虽然在一定的范围内，饵料成本提高了，但得到的效益并没有降低，相反，还增加了，这是因为在一定的生产条件下，由于总产量的升高，使得单位产量的作业成本相对降低。Leopold (1981) 引出了一个例子 (表2)，由于固定成本的降低，抵消了投饲成本的升高，以至单位鱼产量成本也降低了。

[1]这里不考虑洗净的鱼或虾的头尾比率，因为这些是在养殖以外支配养殖动物整个个体市场价格的因素。

[2]使用这种饵料可能比使用那种饵料贵，这是因为一些内在的性质，如：不同的贮藏和运输成本，不同的投饵劳动力价格等。