



鱼虾 营养概论

王渊源 编 著

厦门大学出版社

鱼 虾 营 养 概 论

王渊源 编著

厦门大学出版社

1993

〔闽〕新登字09

鱼 虾 营 养 概 论

王渊源 编著

厦门大学出版社出版发行

福建省新华书店经销

厦门水产学院印刷厂印刷

开本787×1092 1/32 6.625印张 150千字 1插页

1993年1月第1版 1993年1月第1次印刷

印数：1——2000册

ISBN 7—5615—0526—4/Q·20

定价：4.00元

内 容 简 介

本书阐述鱼虾所需要的各种营养素的生理功能、缺乏症、需要量、供给法，和饲料中抗营养素与污染物的毒性毒理、危害程度、解除方法，以及鱼虾的摄食行为、消化吸收、能量代谢、激素影响等内容，构成鱼虾营养理论的体系。在正文中以国内外研究信息为中心内容，兼用图表资料、配方数据、数学模式加以佐证。叙述简明，内容实用，可供农业、水产院校与生物科系有关专业的师生，水产养殖的研究机构、生产单位与饲料厂家的科技人员参考。

本书承蒙厦门市自然科学基金赞助出版

前 言

鱼虾营养是研究饲料转变成鱼虾机体细胞构成过程的专门学科，属于水产养殖的基础理论范畴。鱼虾需要的营养物质（营养素）是由饲料提供的。虽然用鲜活饲料（小杂鱼虾）饲养经济鱼虾类是可行的，但是这种营养层次相同的饲料造成蛋白质的很大浪费，大量小杂鱼虾的消耗也不利于保护水产资源。解决鱼虾集约式养殖饲料来源的根本途径是配制营养全面的人工饵料，这就有赖于对养殖种类所需要营养的研究，以便作为饲料配方的根据和编制养殖种类营养标准的基础。营养素是供应鱼虾机体生长、更新、修复与生命活动所需能量的物质基础。然而营养素之间存在着协同、转化、拮抗、制约的关系，因此，制备饲料时必须调配各种营养素的合适比例。饲料中所含有的抗营营养素与污染物，不但会削弱营养素的生理功能，还会危害鱼虾的健康与生长，直至影响人类食用鱼虾的安全。营养物质的物理、化学性质将影响鱼虾的摄食、消化和代谢机制。营养物质与生态环境也是息息相关的，环境会影响鱼虾对营养素的利用，营养素和鱼虾吸收营养素后的代谢产物会影响生态环境的变化。显然，鱼虾营养理论的应用是保证按营养科学的方法饲养，使养殖饲料更有效地转化为人类需要的鱼虾食品。

本书较全面地、系统地提出鱼虾营养理论所应该包括的纲目，有的内容还从基本概念开始陈述，然后用国内外研究信息作为实质内容，便于理解运用和透视近 come 国内外有关研究的动向与水平。书中有些资料成果不但已具备实用价

值，或供作相近养殖种类的参考，而且进一步还可从书中理出今后需要加强研究和深入研究的问题。作者希望本书的出版能对我国鱼虾养殖的营养理论、饲料技术、饲养管理方面起到促进发展的作用，并为建立我国的鱼虾营养学提供一定的理论和实践基础。

应该指出的是，提高鱼虾营养理论与技术的研究水平，应超越水族箱（水槽）对比实验方法的水平，向现代化理论深化，如书中激素的影响一章的内容就介绍采用蛋白质、DNA、RNA的分子水平的研究。目前，同位素示踪法已用于鱼虾代谢的研究，电子计算机已成为处理资料与数据的工具，分析仪器的光谱、色谱、气谱的应用提高了营养成分的分析速度与检测水平，开口饵料的微胶囊技术在新型药剂中已是定型的工艺等。不难看出，鱼虾营养的研究是多学科理论与技术的应用结果，今后仍需要多种学科的渗透与协同，把研究水平再提高。

限于作者水平，书中错漏在所难免，敬请指正。

王渊源

1992 · 2 · 20 · 于厦门水产学院

目 录

第一章 蛋白质

- 一 蛋白质的吸收利用…………… (1)
- 二 蛋白质代谢的氮平衡…………… (4)
- 三 鱼虾的蛋白质需要量…………… (5)
- 四 鱼类的必需氨基酸…………… (12)
- 五 氨基酸平衡…………… (14)
- 六 蛋白质的营养评价…………… (18)

第二章 脂类

- 一 脂肪的性质和能量来源…………… (22)
- 二 必需脂肪酸、胆固醇和磷脂…………… (25)
- 三 脂肪节约蛋白质效应…………… (30)
- 四 脂类缺乏症…………… (31)
- 五 脂类需要量…………… (32)
- 六 脂类的供给…………… (37)

第三章 碳水化合物

- 一 碳水化合物的利用…………… (39)
- 二 碳水化合物的功能…………… (46)
- 三 纤维素的营养价值…………… (47)
- 四 饲料中碳水化合物最适含量…………… (49)

第四章 维生素

- 一 维生素的功能…………… (53)

二	维生素缺乏症	(57)
三	维生素需要量	(62)
四	维生素的供给	(64)

第五章 矿物质

一	矿物质的功能与缺乏症	(69)
二	矿物质的吸收与利用	(74)
三	矿物质需要量	(78)
四	矿物质的供给	(80)

第六章 抗营养素

一	饲料中的抗营养素	(85)
二	饲料的污染物	(93)

第七章 鱼虾的摄食行为

一	摄食器官	(101)
二	摄食选择	(106)
三	摄食行为	(108)

第八章 消化与吸收

一	消化管与消化腺	(114)
二	消化酶	(118)
三	消化与吸收	(123)
四	消化吸收率	(127)

第九章 能量代谢

一	饲料的能量	(132)
---	-------	-------

二	能量代谢·····	(110)
三	能量与蛋白质的关系·····	(144)

第十章 激素的影响

一	促雄性激素·····	(150)
二	雌性激素·····	(151)
三	皮质类固醇·····	(152)
四	甲状腺激素·····	(153)
五	生长激素·····	(154)
六	胰岛素·····	(155)
七	多种激素的作用·····	(156)

参考文献 ·····	(158)
-------------------	-------

名词名称外文与中文对照 ·····	(188)
--------------------------	-------

第一章 蛋白质

蛋白质 (protein) 是生命存在的物质。机体的蛋白质或由生物合成, 或由食物提供的。但是, 鱼虾缺少把碳水化合物、脂肪转化成蛋白质的能力, 所需要的蛋白质直接来源于饲料 (feed)。饲料蛋白质提供鱼虾生命、生存、生长所需要的物质和能量。因此, 蛋白质是鱼虾需要的营养素 (nutrient) 中最核心的要素。研究蛋白质在鱼虾生命活动中的生理功能, 按照鱼虾需要量提供蛋白质饲料, 和正确使用研究的方法, 是鱼虾营养理论的重要课题, 又是提供养殖饲料的重要根据。

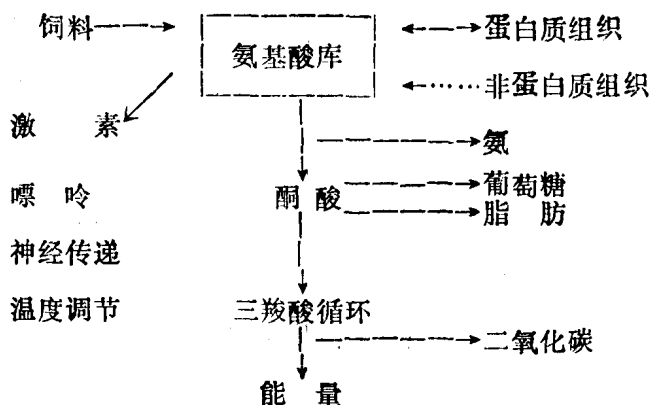
一、蛋白质的吸收利用

(一) 蛋白质的代谢

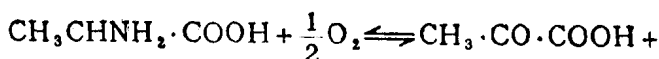
蛋白质是由20种氨基酸 (amino acid) 组成的大分子化合物, 其分子中含有碳、氢、氧、氮、硫、磷, 是鱼虾体内唯一的氮来源。多数蛋白质干重氮占16%, 用定氮法测定有机物的总氮量乘以6.25 ($= 100/16$), 即是蛋白质含量。因为总氮中包括游离氮和非蛋白氮, 所以测得的蛋白质含量称为粗蛋白 (crude protein)。换言之, 蛋白质的量可由有机体或有机物的含氮量表示。

蛋白质是构成鱼虾机体的细胞、组织、器官的营养物质, 同时也是遗传物质、酶、激素的组分。鱼虾所摄食的蛋白质在消化道中经消化液所含有的蛋白酶分解成氨基酸, 然

后被吸收，再由血液运输送至各个组织器官，组织器官的细胞吸收所需要的氨基酸，在合成酶作用下重新构成细胞蛋白质成分。与此同时，器官组织的更新、分解和酶、激素的分泌也有游离态的氨基酸。Walton (1985) 把机体的这些氨基酸来源称为氨基酸库，如下图：



氨基酸库除了提供机体组织蛋白所需要的氨基酸成份外，其它氨基酸的代谢途径，或在甲状腺素的催化下被氧化分解成酮酸：

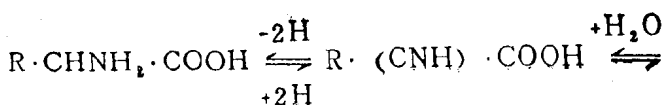


丙氨酸

丙酮酸

NH_3
氨

或在氨基酸氧化酶作用下脱氨：

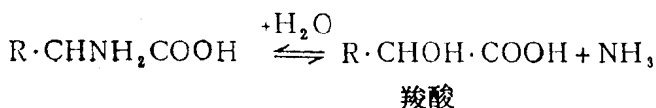


氨基酸

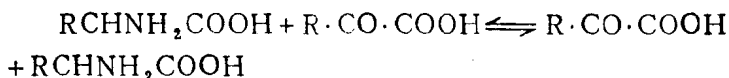


酮酸

或由氨基酸水解产生羧酸:



或因氨基酸与酮酸起作用,把氨基酸的氮转递给酮酸,于是氨基酸变为酮酸,酮酸变为氨基酸的转化:



以上氨基酸的氧化、脱氨、水解、转化过程都是可逆反应,在产生酮酸的同时,另一种含氮生成物就是氨,这是鱼类蛋白质代谢的废弃物,通过鳃和肾排泄出体外。鱼类是排氨动物,不需要合成尿素(家畜)或尿酸(家禽)作为排泄物。酮酸和其它有机酸可分解产生葡萄糖或合成脂肪贮存于体内的肝脏、肌肉和脂肪系统,必要时由葡萄糖氧化产生热量提供机体的需要。酮酸进入有氧代谢的三羧酸循环时排出二氧化碳,并把能量贮集于三磷酸腺氨(ATP)。

(二) 鱼虾的生长物质

机体吸收的氨基酸用于机体的构成和生命活动所需要的能量。构成机体的氨基酸包括用于修复机体组织(维持量,用 I_m 表示)、机体的增长(生长量,用 I_g 表示),和氨基

酸用于能量的贮存和消耗（消耗量·用 I_e 表示）。那么，机体吸收的氨基酸（用 I 表示）的去路有如下式：

$$I = I_m + I_g + I_e$$

用于 I_m 和 I_g 的功能是蛋白质的固有营养效果，是其它营养素所不能代替的。被吸收的氨基酸是用于 I_m 与 I_g ，或用于 I_e ，随蛋白质的质量而有变化。当优良的蛋白质饲料，用于 I_m 与 I_g 的多。相反地，粗劣的蛋白质饲料则用于 I_e 的多。再是随着饲料热能成分而变化，当饲料是同一营养价和同含量的蛋白质时，所含有的热能高，则用于 I_e 的少；含有的热能低，则用于 I_e 的多。

用于 I_m 的氨基酸，相当于提供无氮饲料时由粪、尿中排泄的代谢性氮和内源性氮。这是机体组织器官的更新分解和酶、激素分泌所产生的氮量，并且随着水温而有变化，只有在一定条件下，对各种鱼来说才是固定值的。用于 I_m 的氨基酸随着鱼体大小而变化，鱼体越大，用于 I_m 的越多，到了成体阶段才有降低的倾向。鱼虾生长期都是 $I_m < I_g$ ，否则鱼体不会生长。

用于 I_g 的氨基酸随着机体增长而增加，到了成体阶段才近乎等于零，这时 $I = I_m + I_e$ ，饲料蛋白质的用量可以略微降低。

显然，机体的增重量有赖于对蛋白质的吸收和积累，饲料蛋白质直接影响着生长。

二、蛋白质代谢的氮平衡

（一）氮平衡

鱼虾摄取的氮量和从粪尿排出的氮量的差称的氮平衡

(nitrogen balance)。氮平衡也是机体摄取蛋白质和排出蛋白质的平衡，它是衡量机体摄取水平和蛋白质营养效价的基本研究方法。

机体在无蛋白饲料饲养下，从粪便排出的氮是来源于组织更新、细胞脱落的蛋白质的分解来源。这种用无蛋白饲料饲养的鱼虾，从粪便排出的氮称为代谢氮 (metabolic nitrogen)，用 F_0 表示。机体在无蛋白饲料饲养下，从尿中排出的氮，是来源于消化酶、激素的蛋白质的分解来源，这种氮称为内源氮 (endogenous nitrogen)，用 U_0 表示。代谢氮和内源氮的总和 E_0 ($E_0 = F_0 + U_0$) 相当于用在维持的氨基酸量 (I_m)。

鱼虾是粪尿同时排出的，要进行氮平衡的基础研究是有一定的难度。荻野珍吉 (1984) 用一种特殊装置测定50~300克体重的鲤鱼在适温条件下，每100克体重一天排泄的 F_0 是3毫克氮， U_0 是11毫克氮， E_0 是14毫克氮，折合蛋白质87毫克。这是鲤鱼用于维持量的蛋白质数量。

(二) 氮平衡与生长的关系

在含有蛋白质的饲料时，摄取的氮量以 I 表示，从粪中排出的氮以 F 表示，从尿中排出的氮以 U 表示，氮平衡 $B = I - (F + U)$ 。 F 和 U 分别包括 F_0 和 U_0 ， U 包括从鳃和肾排出的氮。当 $I > F + U$ ，为正平衡，机体可获得生长；当 $I < F + U$ ，为负平衡，机体将是负生长；当 $I = F + U$ ，为平衡，机体不可能获得生长。

三、鱼虾的蛋白质需要量

(一) 蛋白质需要量与饲料最适含量

所谓鱼虾的蛋白质需要量，是指饲养鱼虾类在规定时间内

内达到最大增重量（或最快生长量）所需要的起码蛋白质量。它包括着鱼虾用于维持体重的蛋白质需要量。

测定鱼虾蛋白质需要量是用不同含量的精制饲料饲养鱼虾类，並选用以下几种方法：

1、测定氮的正平衡最大值时所摄取的蛋白质量为需要量；

2、鱼虾经一定时间的养殖后，测定机体氮的最大增加量时所摄取的蛋白量为需要量；

3、得到机体最大的生长量时所摄取的蛋白量为需要量。

水温和鱼虾的大小是影响维持量的主要因素，也是影响需要量的主要因素。所用精制饲料蛋白质通常用牛奶提炼的酪蛋白（casein）或鸡蛋蛋白（whole egg protein）。

当把每百克鱼虾每日蛋白质需要量和日投饵率（饲料量／百克鱼）联系起来研究，则可以了解鱼虾蛋白质需要量在饲料中的应有含量。如下式：

$$\text{蛋白质质量} / \text{百克鱼} \div \text{饲料量} / \text{百克鱼} = \text{蛋白质质量} / \text{饲料量}$$

蛋白质需要量与饲料中的蛋白质含量是两个不同的概念，其数量只在投饵率为100%时相等。由于蛋白质需要量难于精确研究，而且饲料中最适的蛋白质含量也需要配制不同蛋白质含量作比较饲养。因此，这两者之间有其共同性。目前多数的研究是确定饲料中最适蛋白质含量的实用指标，再由投饵率的研究结果折算为需要量。

各种鱼虾的蛋白质需要量或饲料中蛋白质的最适含量列于表1至表3。

用精制饲料蛋白质的饲养试验结果比实际需要往往偏

表 1 我国几种淡水养殖鱼类蛋白质需要量

鱼 类	实验鱼体重 (克)	实验水温(℃)	蛋 白 源	需要量 (%)
青 鱼	1~1.6		酪 蛋 白	41
	3.5	22~29	酪蛋白, 明胶	35~40
	37~48.32	24~34	酪 蛋 白	29~40.85
草 鱼	2.4	26~30.5	鱼 肉 粉	37.70
	5.5		酪 蛋 白	27.81
	8.0		鱼 肉 粉	26.50
	2.4~8.0	26~30.5	酶纤颗粒	22~27.66
	5~7.32	23~30	酪 蛋 白	36.70
鲢 鱼	5~5.90	29~32		36~38.86
尼罗罗非鱼	8	28.51±1	配合饲料	38.68
	5.9~15.6	21~27.8	配合饲料	30
团头鲂	21~30	24~33	酪 蛋 白	21~30.83
	4	20	酪 蛋 白	27~30.39
	37	25~30	酪 蛋 白	25~41.40

高, 因为精制饲料的蛋白源只酪蛋白一种, 缺少多种蛋白源的互补; 精制饲料价格昂贵, 不使用作饲养饲料, 而且两者

表2 幼鱼对饲料中蛋白质需求量的估算值(自NRC,1983)

鱼 类	蛋 白 源	蛋白质需求量 (%)
鲤 鱼	酪蛋白	31~38
斑 鲷	鸡蛋蛋白	32~36
日本鳗鲡	酪蛋白, 精氨酸、胱氨酸	44.5
草 鱼	酪蛋白	41~43
河 鲢	酪蛋白	50
鲑点石斑鱼	金枪鱼肌肉粉	40~50
遮目鱼(苗)	酪蛋白	40
真 鲷	酪蛋白	55
小嘴鲈鱼	酪蛋白和鱼蛋白浓缩物	45
大嘴鲈鱼	酪蛋白和鱼蛋白浓缩物	40
罗非鱼(苗)	酪蛋白、鸡蛋蛋白	56
罗 非 鱼	酪蛋白、鸡蛋蛋白	34
莫三鼻给罗非鱼	白鱼粉	40
吉利罗非鱼	酪蛋白	35

的氨基酸组分不同, 鱼虾对各种蛋白质的消化率的差异也将使精制饲料与饲养饲料的养殖效果有不同。当比较林鼎(1980)所用的鱼粉、酪蛋白作饲料与廖翔华等(1980)用酶纤颗粒作饲料, 饲养同一种鱼, 在相同体长和相同水温条件下, 后者的需要量低于前者(表1)。