

# 中国水产学会 水产动物营养与饲料 研究会论文集

(第一集)

主编 李爱杰 王东石



海洋出版社

# 中国水产学会 水产动物营养与饲料研究会论文集

(第一集)

主编 李爱杰 王东石

海洋出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

中国水产学会水产动物营养与饲料研究会议文集/李爱杰  
主编, -北京:海洋出版社, 1998.8

ISBN 7-5027-4609-9

I. 中… II. 李… III. ①鱼类-营养学-研究-文集②饵料-研究-文集 IV. S963-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 20175 号

海洋出版社 出版发行

(100081 北京市大慧寺路 8 号)

北京兰空印刷厂印刷 新华书店发行所经销

1998 年 8 月第 1 版 1998 年 8 月北京第 1 次印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 18.125

字数: 420 千字 印数: 0-600 册

定价: 63.00 元

海洋版图书印、装错误可随时退换

## 前言

1997年是我国政治生活中不寻常的一年,香港的顺利回归,十五大的胜利召开,为我国把有中国特色的社会主义建设事业全面推向21世纪,建设富强、民主、文明的社会主义现代化国家拉开了序幕,提供了保证。我们水产动物营养与饲料研究会借此东风,召开成立大会,将会为科技工作和生产事业的发展提供更为有利的条件和机遇。

我国自80年代以来,水产养殖业发展迅速,随着水产养殖业和水产饲料工业的发展,水产动物营养学自营养科学中脱颖而出,成为一门具有活力的新兴学科,是现代水产养殖业和水产饲料工业的理论支柱。近一二十年来,在国际论坛和国内的学术会议上,鱼虾类营养学的研究之风异常活跃,研究成果累累。例如,1995年较大型的国际会议就有在日本鹿儿岛大学专门讨论对虾营养的国际学术研讨会,在北京举行的第四届亚洲渔业学术大会(鱼虾营养是其中的一个专题)和在青岛召开的世界华人鱼虾营养学术研讨会,近些年来,每年都有二三个有关鱼虾类营养的学术研讨会召开。由于水产养殖业和饲料工业的持续发展,鱼虾营养的研究也在不断扩大和深入。虽然在我国从事鱼虾营养的学者并不算太多,但是其学术活动却是十分活跃的,在此基础上,我国的水产饲料业有的也进入了世界先进行列,为我国水产养殖业的发展做出了贡献。

但是,过去中国水产学会没有有关水产动物营养与饲料的分会,这和水产动物营养的研究进展是不相适应的,根据此种情况,在1996年7月中国水产学会第六次全国会员代表大会开幕时,青岛的几位同志上书中国水产学会,要求成立水产动物营养与饲料研究会,这一要求被大会接纳了,并进行了组织。这对水产动物营养与饲料的研究、发展和交流将起到积极的推动作用。

我国鱼类营养的研究起步于70年代,开始于淡水养殖的几种鱼,现在营养的研究已扩展到海水鱼。所研究的鱼类有青鱼、草鱼、鲤鱼、罗非鱼、团头鲂、苏氏鲃、异育银鲫、鲢鱼、鲈鱼、长吻鮠、真鮰、真鲷、黑鲷、比目鱼等;虾类营养的研究始于80年代,涉及的虾类有中国对虾、长毛对虾、南美白对虾、斑节对虾、罗氏沼虾等,但以研究中国对虾营养者为最多;90年代特种水产动物的营养研究开始进行,涉及到的有甲鱼、中华鳖、鲍鱼、牛蛙等,这是和生产的发展相适应的。

水产动物营养学这一学科还在蓬勃地向前发展,而且与其他学科交叉形成新的学科,如:研究营养与免疫的关系,产生营养免疫学;研究营养与生态的关系,营养生态学,其目的是研究饲料中的物质与水中营养物的消长关系及其对生物的影响;研究营养与繁殖的关系,产生繁殖营养学,它是研究饲料中的营养物质对亲体的性腺成熟、产卵率、孵化率及对亲虾和产卵的代谢规律;研究营养与病理的关系,产生营养病理学等。研究水产动物的营养需要,营养成分的代谢生理、生化仍是水产动物营养学研究的方向,但是上述各生长点却是不容忽视的,它不仅对学科的发展、理论的充实起着重要的作用,而且对水产养殖生产起着促进作用,并带来显著的经济效益。

1997年11月2日至4日,在北京侨园饭店召开了中国水产学会水产动物营养与饲料研究会成立大会暨第一次学术研讨会,中国水产学会涂逢俊理事长在致词中,对水产动物营养与饲料研究

会今后的工作提出了希望与要求,并预祝大会圆满成功。本届学术研讨会到会代表共 141 人,提交大会的学术论文共 52 篇,其中 43 篇在大会上做了报告,交流了他们的研究成果。大家认为,这次学术研讨会非常成功,达到预期的目的。

现收入本论文集的论文共 45 篇,其中综述性报告 10 篇,研究性的论文 35 篇。这些文章涉及到鱼、虾、鳖等水产动物,内容丰富,具有较高的参考价值,我们希望本论文集的出版,能对科研工作者提供一定的参考。书中疏忽、错漏之外在所难免,切望读者不吝赐教,予以指正。

我们衷心地感谢资助本届学术研讨会和本论文集出版费的热诚人士,由于他们的慷慨资助,才使得这届研讨会得以胜利召开,论文集得以顺利出版。

李爱杰

一九九八年三月二十日

## 涂逢俊理事长在水产动物营养与饲料研究会成立暨首次学术研讨会上的讲话

同志们：

首先，我代表水产学会对水产动物营养与饲料研究会的成立暨首次学术研讨会的召开表示热烈的祝贺，向为筹备、组织这次大会的同志们表示感谢，向为大会提供论文的专家、教授们和赞助企业以及所有参加大会的各方面人士的大力支持，配合，表示由衷的感谢！

今天，我主要讲三个问题：

### 一、我国水产业有了很大的发展，但整体素质还不高

改革开放以来，特别是1985年中央5号文件以来，拨正了水产发展方向，采取了一系列深层次的改革开放政策措施，极大地调动了广大渔民、农民和水产科技工作者的积极性，取得了举世瞩目的成就。我们大体上利用三年时间解决了吃鱼难的问题，水产品总产量以年均15%的速度增长，从1990年起，总产量一直跃居世界首位，去年全国水产品总产量达到3288万t。特别是我们比较早地采取了“以养为主”的方针，养殖产量成为增产的主要来源，1996年达到1862.8万t，已占总产量的56.6%，是当今世界上第一个养殖产量超过捕捞产量的国家。全国水产品人均占有量达到世界平均水平，虽然还不高，但对我们12亿人口来讲就很不简单了。

可以说，从发展速度上来看，我们与世界上其他国家以及国内其他行业相比都毫不逊色，我们处于世界先进行列，我们跟上了改革开放的步伐。在产量增加的同时，水产品和水产品的加工制品、渔业技术装备、科技水平都有很大提高。但是我们也要看到，产量虽居世界首位，但渔业的整体素质还不高，主要表现在：水产品的品种质量还不高，有些老的品种捕光了，但新的跟不上。水产科学技术在生产上发挥了显著作用，但仍然存在着成果转化慢，在产量、产值增加中科技含量还有差距。产量的增加，靠外延扩大多于内涵的提高。有些产量的增加，在一定程度上甚至以破坏资源、影响环境为代价。基础设施、技术装备、生产技术、物质材料、甚至有的生产方式还比较落后，现代化程度不高，产业化程度低，经营管理尚不适应市场经济的要求，营养与饲料研究同样存在着问题。这些既是我们面临的问题，也是进一步发展、提高的潜力。

### 二、养殖作为渔业发展的主体，对鱼虾营养与饲料的研究提出了更高、更迫切的要求

我国水产养殖业，特别是淡水养殖有着悠久的历史，曾经创造了生态循环、渔农牧结合的养殖方式，解决了养殖的营养和饲料的需求问题。五六十年代许多外国来访者对我国的生态养殖很感兴趣，这些是祖先留下的宝贵财富，今后还会发挥重要作用。在相当长的时期我们还是要走天然饲料与人工饲料相结合的道路，这方面的经验不但不能丢，而且还要继承和发扬，在这方面我们也要走有中国特色的道路。

不容否认，我们从传统养殖向现代化养殖转变的时候，在营养研究和人工饲料的研究与生产方面是落后了。1958年我们就开始进行颗粒饲料试验，起步并不算晚，但是后来由于众所周知的原因停了下来，一停就是20年。80年代的“六五”计划期间，将其列入了国家的攻关项目，在大家的

努力下取得了不少成果。特别是在饲料源紧缺、粮食涨价的影响下,在开发饲料源,尤其是蛋白源方面下了不少功夫。国家“七五”、“八五”时期,随着养殖品种的增加。养殖地域的扩展、养殖方式的开发以及单产的提高,对人工饲料无论是数量和质量的需求都极大地提高了,饲料特别是科学的人工配合饲料成了养殖发展的关键。先后展开了对饲料源的开发、饲料配方的筛选提高、饲料机械工艺技术的开发、鱼虾对营养物质的需要、营养标准化和饲料标准、以及试验方法和检测方法、手段的研究,并且有了专门的机构、人员、设备、手段。现在我国有400家水产饲料企业,年生产配合饲料300万t左右,有的已达到甚至超过国际水平。对虾、鳗鱼的饲料标准已出台,草鱼、鲤鱼、罗非鱼的营养标准即将出台,牙鲆、真鲷、团头鲂、鲫、尼罗罗非鱼的配合饲料标准已列项,鱼虾的生理生化代谢等基础研究、名特优的饲料配合研究,已列入农业部“九五”重点研究计划,可以说我们在这一领域的研究、开发、生产已具有一定的基础和水平。

但是纵观其发展的过程,各个环节往往有倒置的情况,以至到现在我们还不能说我们的饲料是“全价、高效”饲料。尽管由生产实践向科学研究提出要求,然后通过科研成果上升到理论,继而指导、提高生产实践,这个过程是正常的,是符合一般客观规律的,但总感到盲目性多了点,自觉性、科学性少了点。例如作为配合饲料研究的基础和前提的营养生理、生化研究及能量研究滞后,标准化的滞后,势必带来饲料质量不高,有的甚至是蓄意造假。和发达国家相比,我们的欠距在以下几个方面:

(一)营养原理的基础理论、饲料源的开发、饲料配方的研究到饲料检测、质量管理,还没有形成一个科学化、系统化的体系。

(二)饲料质量的有效成分、有效利用率不高,有的甚至真假难辨。

(三)不同养殖品种和每一个品种不同生长阶段的营养需要和饲料配方方面的研究还较少。

(四)对饲料研究基础的营养生理、生化和能量代谢作用的研究滞后。

(五)标准化、立法和一系列严格的管理制度还很不完善。执行起来就更难。

(六)饲料的工艺技术和大型的饲料机械设备制造还很落后,大多数还是进口的。

(七)在高新技术和手段的运用,高精确度的试验、检测方法的研究和运用方面还有差距。

这些要逐步解决,迎头赶上,作为世界养殖大国应做出贡献,而且要走出有中国特色的道路。

### 关于研究会的性质、任务和工作方法

(一)首先我们要把研究会的性质、作用界定清楚。中国水产学会是中国科协和农业部领导下的水产科技工作者的全国性群众组织,是党领导下的人民团体,是国家发展水产科学事业的重要社会力量。它的功能是在政府与科技工作者之间、各个科技部门和科技工作者之间、科技与生产之间发挥桥梁和纽带作用,为水产科技的发展和渔业经济增长方式的转变,作出自己的贡献。它的优势是学科众多、知识密集、人才荟萃、横向联系方便。学术交流和科普工作是学会工作的两大任务。学会所属的各个专业委员会是组织实施这两大任务的工作机构。研究会是学会的专业委员会之一,是学会在水产动物营养研究和饲料研究方面开展学术交流的工作机构,它相当于学会的分会,起着学会分会的作用。

(二)研究会的成立,是学会为这个领域搭一个唱戏的舞台,戏要由广大科技工作者来唱,要突

出科技工作者在研究会的主体地位。希望研究会成立后,根据当前科技发展和生产发展的需要及存在问题,提出研究会近期的主攻方向、主要任务和工作方法,为建立科学的、系统的水产动物营养与饲料研究体系起桥梁、纽带作用,也可以说通过学会的桥梁作用参与和建立这一体系,促进学科及饲料工业的发展。

(三)研究会成立以后,每年要举办一次学术交流或者国际学术活动,每次活动都要有明确的主题,要有一批高水平的论文,要有成果。希望能向政府提出一些高层次、有份量的建议,不能把研究会开成交易会。

(四)要主动与有关单位配合开展工作。既要主动配合别人,也要善于借用别人的力量,积极扩大影响,例如推广方面可与各级推广站配合,与学会科普工作配合,向广大渔民、农民和生产企业宣传鱼虾营养需要和配合饲料的关系,以及使用、鉴别配合饲料等方面的科学知识,提高他们的素质,提高使用饲料的效果和识别真假能力。生产企业也要严格要求自己以免误人、误己。要与其他相关学科、交叉学科密切联系,如免疫、生态、病理、繁殖等分支学科,推动学科向更高、更深层次发展。

(五)研究会要与生产企业紧密结合,面向生产,向生产企业提供信息、技术、人员培训等服务,同时通过这种结合使科学成果尽快转化成生产力,在这方面要起桥梁、纽带作用。

(六)根据需求和可能定期向有关部门推荐科研成果,表彰有突出贡献的科技人员。通过政府部门的安排,还可参与饲料质量的鉴定工作及筛选或推荐优质饲料配方。

(七)办好内部简讯,向会员通报研究会活动动态、国内外信息和最新成果及市场供销信息等。

可以做的工作还很多,大家可以很好地研究、组织。总之,只要我们从实际出发,发挥学会的优势,明确研究会的任务和目标,卓有成效的工作,就一定会让各位会员有所得,起到团结共进、促进学科发展及服务生产需要的作用,就会得到政府主管部门的重视和支持。

最后祝会议圆满成功,祝研究会的工作顺利并取得丰硕成果。



## 目次

|  |                         |
|--|-------------------------|
| 我国养殖鱼类营养研究进展 .....   | 李爱杰(1)                  |
| 我国黑鲟营养研究概况 .....   | 刘镜恪(11)                 |
| 欧洲鳗的营养需要与饲料特点及养殖技术 .....                                     | 林建斌(14)                 |
| 白对虾营养和人工配合饲料的研究概况 .....                                      | 刘发义(20)                 |
| 微颗粒饲料工艺及其应用 .....  | 何良 麦康森(28)              |
| 维生素 E 对水产动物免疫系统影响的研究进展 .....                                 | 周岐存 麦康森 何良(40)          |
| 渔用饲料质量安全与安全标准的制订 .....                                       | 李晓川(44)                 |
| 不同营养状况下的草鱼在葡萄糖耐量实验中血糖含量、肝胰脏糖原含量和<br>糖代谢酶活力的变动 .....          | 潘庆 廖翔华(49)              |
| 鱼用复合动物蛋白粉的研制及其营养价值的研究报告 .....                                |                         |
| ..... 赵振伦 赵玉蓉 黄宁昌 杨沁芳 洪必根(58)                                |                         |
| 南方大口鲶 ( <i>Silurus meridionalis</i> ) 胃、肠道离体条件下对亮氨酸的吸收 ..... |                         |
| ..... 叶元土 林仕梅 罗莉 别之龙 曾端(73)                                  |                         |
| 鲮鱼对八种饲料原料蛋白质、氨基酸和总能的表现消化率 .....                              |                         |
| ..... 林黑着 江琦 石红 黄剑南(79)                                      |                         |
| 棉酚在鲤鱼 ( <i>Cyprinus carpio</i> ) 肝脏中的蓄排规律及其对鲤鱼生长的影响 .....    |                         |
| ..... 曾虹 任泽林 郭庆 卢建军(87)                                      |                         |
| 鲈鱼幼鱼人工配合饲料中蛋白质、脂肪适宜含量的研究 .....                               |                         |
| ..... 高淳仁 梁亚全 刘庆慧 韩阿寿(93)                                    |                         |
| 海水仔稚鱼专用配合饲料的试验研究 .....                                       | 张利民 王际英 常建波 李烟芬 于光溥(98) |
| 海水仔鱼生物饵料营养强化试验研究 .....                                       |                         |
| ..... 张利民 张秀珍 常建波 孙玉增 宋丽辉(105)                               |                         |
| 三种不同品系异育银鲫生长特征的比较 .....                                      | 邹中菊 崔奕波 桂建芳 解绶启(111)    |
| 配合饲料饲养史氏鲟 ( <i>Acipenser schrencki</i> ) 幼鱼的试验研究 .....       |                         |
| ..... 叶继丹 张文源 孙大江 马国军 刘刚 陈海燕(115)                            |                         |
| 斑点叉尾鲟对饲料蛋白质营养需要量的研究 .....                                    | 荣长宽 邢克智 蔡中华(120)        |
| 日本鳗鲡对维生素 D <sub>3</sub> 的需求 .....                            | 刘栋辉 刘永坚 田丽霞 梁桂英(124)    |
| 高首鲟幼鱼消化率测定的一种新方法 .....                                       | (132)                   |
| 粉状与硬颗粒渔用配合饲料加工中的一些技术问题探讨 .....                               | 陈乃松 王道尊(135)            |
| 牙鲆仔稚鱼微颗粒料配合饲料的研究 .....                                       | 梁德海 刘发义(141)            |

- 两种矿物质、维生素添加剂预混料对草鱼种促生长作用的研究.....  
..... 林仕梅 罗莉 叶元土 佟光辉 杨军科(145)
- 两种矿物质、维生素添加剂预混料对鲤鱼种生长的影响.....  
..... 罗莉 林仕梅 叶元土 顾娟 佟光辉 杨军科(152)
- 复合氨基酸替代部分鱼粉饲养高背银鲫鱼种的效果..... 许国焕 丁庆秋(160)
- 等氮饲料投喂高体鲈(*Seriola dumerili*)的初步试验报告.....  
..... 王渊源 王孟华 姚冬杰(166)
- 两种中草药添加剂对罗非鱼体内激素水平的影响.....  
..... 朱世成 颜立成 许进香 段明 冯现维 田家良(171)
- 鱼用中草药添加剂的研究..... 陈铁郎 林雪庄 周兵(175)
- 鱼肥宝添加剂对罗非鱼的实验性饲养效果试验..... 张韵桐 肖广利 庞永中(181)
- 配合饲料添加大蒜素对鲤鱼生长的影响..... 宋进美 王介银 王玉先(186)
- 配合饲料在大口鲈养殖中的应用..... 四川通威集团公司研究所(190)
- 饵料对中国对虾幼体生长、化学组成和蛋白酶活力的影响.....  
..... 潘鲁青 马牲 邱学庆 王克行(194)
- 饲料组成对中国对虾肌肉组织中胶原蛋白、肌原纤维和失水率的影响.....  
..... 任泽林 李爱杰(200)
- 对虾高效系列配合饲料的研究..... 仲维仁 张淑华 修淑芳 刘金耀(207)
- 中国对虾配合饲料离体消化的初步研究..... 薛敏 李爱杰 杜荣(213)
- 对虾配合饲料中添加鱼腥藻粉的初步试验..... 孙伯伦 吕品一 李淑英(221)
- 对虾幼体微胶囊饵料的研制..... 温锐洪(225)
- 复合矿物盐添加剂对河蟹生长的影响..... 张家国 王志忠 朱士文  
..... 轩子群 曹振杰 杨德光 徐海强 刘汉华 王义强 周洪琪(233)
- 幼体微囊饲料在河蟹育苗生产上的应用..... 冯莉萍(238)
- 稚鳖营养需求的研究..... 杨国华 陈迪虎 王继东 张忠华(241)
- 中华鳖对蛋白质、脂肪、糖、混合无机盐及氨基酸适宜需要量的研究.....  
..... 孙鹤田 轩子群 王志忠 曹振杰 刘汉华 马俊岭 张家国 杨德光(250)
- 甲鱼饲料配制技术的研究..... 张阳军 朱金娥(258)
- 鳖膨化饲料的研制及饲喂技术..... 马键(262)
- 特种水产动物营养生理和饲料研究 I. 甲鱼的营养需要与消化生理研究.....  
..... 陈焕铨 张忠民 王友亮 沈美芳(268)
- 配合饲料商业性养殖美国青蛙试验..... 吴锐全 肖学铮 黄樟翰 卢迈新 谢骏(275)

# 我国养殖鱼类营养研究进展

李 爱 杰

(青岛海洋大学, 青岛 266003)

**摘 要** 本文简要评述了我国近十几年来养殖鱼类营养研究的进展情况, 主要内容包括: (1) 蛋白质及必需氨基酸的适宜需要量; (2) 糖类的适宜需要量; (3) 脂肪及必需脂肪酸的适宜需要量; (4) 钙、磷、铜、铁、锌、锰、钴、碘等无机元素的适宜需要量; (5) 15种维生素的适宜需要量。

**关键词** 养殖鱼类, 营养, 营养需要, 中国

## 1 前 言

现代养殖业的发展是以现代饲料工业作为重要支柱, 而现代水产饲料工业的发展依赖于水产动物营养学研究的进展。我国鱼类的营养研究, 是在 80 年代才受到国家的重视和关注, 近十多年来, 经过大家的努力, 已取得了相当大的进展。这些研究成果, 为我国主要养殖鱼类配合饲料的研制, 提供了理论依据, 推动了我国鱼类养殖和鱼类饲料工业的发展, 使鱼类养殖产量达到了一个新的水平。

## 2 蛋白质和氨基酸

### 2.1 蛋白质

我国研究鱼类的蛋白质需要量, 大多采用梯度饲料法, 这是一种采用变动饲料蛋白质含量的单个因子设计的研究法; 也有的采用多因子设计的正交设计法, 设计各营养素及其含量, 然后按正交表合理安排试验, 节约了时间和材料, 同时得到在各营养素交互作用下最适蛋白质含量。用这二种设计方法研究了主要养殖鱼类的蛋白质需要量, 其结果列于表 1。

对同一种鱼类各研究者所得结果之所以不同, 除环境条件、鱼体大小、养殖方法等不同以外, 主要是由于饵料配方、实验用原料不同所产生之误差。这方面的原因主要有二: 一是所用蛋白源不同, 不同蛋白源有着不同的氨基酸组成, 其氨基酸组成如果符合鱼类的需要, 其饲喂效果就好, 所需蛋白质含量就低一些, 否则饲效差, 就需较高含量的蛋白质; 二是饲料中其他成分的影响, 当碳水化合物含量不足时, 蛋白质的需要量就高。

对不同种类鱼类的蛋白质需要量, 一般肉食性鱼类对蛋白质的需要量比杂食性、草食性鱼类高, 而杂食性鱼类高于草食性鱼类。

Liu 等(1994)以玉筋鱼为动物蛋白源, 以花生饼粉为植物蛋白源, 饲料中总蛋白质含量

表1 几种养殖鱼类对蛋白质需要量

| 种类    | 蛋白源 | 试验水温<br>( $^{\circ}\text{C}$ ) | 试验鱼体重<br>(g)     | 投饲率<br>(%) | 蛋白质需要量      |           | 参考文献       |
|-------|-----|--------------------------------|------------------|------------|-------------|-----------|------------|
|       |     |                                |                  |            | 蛋白质水平(%)    | g/(hg.d)  |            |
| 青鱼    | 酪蛋白 | 17.0~27.0                      | 1.0~1.6          | 3.0        | 41.00       | 1.23      | 杨国华等(1981) |
| 青鱼    | 酪蛋白 |                                | 37.12~48.32      |            | 30.00~41.00 |           | 王道尊等(1984) |
| 草鱼    | 酪蛋白 | 26.0~30.5                      | 2.4~8.0          | 7.0        | 22.77~27.66 | 1.59~1.93 | 林鼎等(1980)  |
| 草鱼    | 酪蛋白 | 23.6~29.0                      | 5.89~7.15        | 4.5        | 34.66~38.66 | 1.56~1.74 | 毛永庆等(1985) |
| 草鱼    | 酪蛋白 | 25.0~26.0                      | 1.9              | 3~4        | 48.26       | 1.45~1.93 | 廖朝兴等(1987) |
|       |     | 18.0~23.0                      | 3.7              | 3~4        | 28.64       | 0.89~1.19 | 廖朝兴等(1987) |
|       |     | 25.0                           | 10.0             | 3~4        | 28.20       | 0.84~1.12 | 廖朝兴等(1987) |
| 荷元鲤   | 酪蛋白 | 19.5~24.0                      | 7.0              | 3~6        | 35.0        | 1.58      | 刘汉华等(1991) |
| 团头鲂   | 酪蛋白 | 30.8 $\pm$ 1.2                 | 5.12~5.75        | 1.8        | 38.88~44.44 | 0.70~0.80 | 毛永庆等(1985) |
| 团头鲂   | 酪蛋白 | 24.6~33.0                      | 21.4~30.0        | 4.5        | 33.91       | 1.52      | 邹志清等(1987) |
| 团头鲂   | 酪蛋白 | 20.0                           | 4.0              | 2.5        | 27.04~30.39 | 0.68~0.76 | 石文雷等(1988) |
|       |     | 25.0~30.0                      | 31.08~38.48      | 2.5        | 25.58~41.40 | 0.44~1.04 | 石文雷等(1988) |
| 鲮鱼    | 酪蛋白 | 24.0~34.0                      | 37.12~48.32      | 3.0        | 29.54~40.85 | 0.88~1.22 | 王道尊等(1984) |
| 尼罗罗非鱼 | 酪蛋白 | 28.0 $\pm$ 1.0                 | 8.0              | 3~5        | 38.68       | 1.16~1.93 | 徐捷(1988)   |
| 胡子鲇   | 酪蛋白 | 26.8 $\pm$ 1.91                | 3.49~9.30        | 4.0        | 42.92~57.33 | 1.72~2.29 | 陈铁郎等(1995) |
|       |     | 25.75 $\pm$ 1.76               | 25.02 $\pm$ 0.37 | 4.0        | 29.76~41.10 | 1.19~1.64 | 陈铁郎等(1995) |
| 草胡子鲇  | 酪蛋白 | 26.8 $\pm$ 2.5                 | 4.5 $\pm$ 0.29   | 6.0        | 37.5        | 2.25      | 苑福照等(1986) |
| 鳊鱼    | 酪蛋白 | 21.0                           | 15.9 $\pm$ 2.2   | 3~4        | 44.7~45.8   |           | 吴遵霖等(1995) |
| 黑鲷    | 酪蛋白 | 23.0~24.0                      | 4.0              | 5.0        | 50.19       | 2.51      | 刘镜恪等(1996) |
| 真鲷    |     |                                | 34.0~37.3        | 2.0        | 53.7        |           | 赵兴文等(1995) |
|       |     |                                |                  | 2.5        | 43.0        |           | 赵兴文等(1995) |
|       |     |                                |                  | 3.0        | 35.8        |           | 赵兴文等(1995) |

相等时,探明黑鲟幼鱼饲料中,动、植物蛋白的最适比例为 1.00:0.96

## 2.2 必需氨基酸

研究必需氨基酸的需要量,经典的方法(Halver, 1957)是在氨基酸混合饲料中,将某一种氨基酸以不同含量添加,以某必需氨基酸剂量——生长反应曲线来确定其需要量,但此方法由于工作量大,花费多,耗时多等原因,限制了它的研究进展。

因此,不少学者寻求其他研究方法。Ogino(1980)报告采用体蛋白质中所含必需氨基酸量来确定鲤鱼的必需氨基酸需要量,所得结果与 Nose(1979)采用 Halver 方法测定鲤鱼的结果十分一致,可见以同期鱼类的必需氨基酸配比,来指导饲料中必需氨基酸的配比是有效的。几种鱼类必需氨基酸的需要量见表 2。

表 2 鱼类必需氨基酸的需要量

| 必需氨基酸 | (1)   | (2)   | (3)  | (4)  | (5)  | (6)          |
|-------|-------|-------|------|------|------|--------------|
|       | 草鱼    | 荷元鲤   | 青鱼   | 团头鲂  | 非鲫   | 真鲷[g/(kg·d)] |
| 苏氨酸   | 8.50  | 9.85  | 3.25 | 3.97 | 3.19 | 0.49         |
| 缬氨酸   | 11.50 | 10.75 | 5.25 | 5.03 | 2.92 | 0.61         |
| 亮氨酸   | 16.52 | 16.92 | 6.00 | 6.98 | 5.28 | 0.94         |
| 异亮氨酸  | 8.80  | 9.29  | 2.00 | 4.75 | 2.50 | 0.56         |
| 蛋氨酸   | 4.49  | 7.21  | 2.80 | 2.07 | 1.94 | 0.23         |
| 赖氨酸   | 15.45 | 18.80 | 6.00 | 6.40 | 6.25 | 1.08         |
| 苯丙氨酸  | 7.78  | 9.78  | 2.00 | 4.50 | 2.92 | 0.70         |
| 组氨酸   | 4.71  | 5.44  | 2.50 | 2.03 | 1.94 | 0.25         |
| 精氨酸   | 11.10 | 11.99 | 6.80 | 6.87 | 4.72 | 0.68         |
| 色氨酸   | 2.34  |       | 1.90 | 0.67 | 0.97 | 0.09         |

注:(1)林鼎等(1987), (2)刘汉华等(1991), (3)王道尊等(1995), (4)、(5)主要水生动物饲料标准及其检测技术的研究鉴定材料(1990), (6)赵兴文等(1995)。

\* 表中(1)、(2)数值是各个必需氨基酸含量占总必需氨基酸的百分比(%), (3)、(4)、(5)数值是各个必需氨基酸含量占蛋白质的百分比(%)。

## 3 糖类

目前关于温水性鱼类对糖的需要量的资料还是很有限,我国主要养殖鱼类对糖的需要量,近来有些初步研究报导,王道尊等(1984)报导了饲料中蛋白质和糖的含量对青鱼的生长影响。试验青鱼平均体重为 37.12~48.82g,处于鱼种生长阶段,试验水温 24~34℃,试验结果显示,饲料中蛋白质和糖含量之间存在明显的交互作用,青鱼生长最快时,蛋白质含量为 37%~43%,糖含量为 9.5%~18.6%。饲料中糖含量对肝糖含量有直接影响,呈正的线性相关关系。饲料中糖含量过高,会使青鱼对蛋白质的消化率降低,当饲料中糖含量在 30%以下时,蛋白质消化率大约保持在 92%~96%左右,而当糖含量上升到 43%时,蛋白质消化率降低到 86.4%,这说明青鱼利用糖的能力是有限的,这与青鱼的肉食性有关。综合

这些关系和结果,王道尊等认为青鱼鱼种综合饲料中,当蛋白质含量在30%~41%时,添加20%左右的糖较为合适。周文玉等(1988)在青鱼鱼种配合饲料糖的适宜量的研究中,发现饲料中糖的适宜含量为25%~35%,并认为趋于上限,青鱼生长效果更好。

杂食性鲮鱼,每100g体重对糖的日需要量为0.4~0.5g,在投饲率为2%时,饲料中淀粉含量约24%~26%左右(毛永庆等,1995)。鲤鱼(荷沅鲤)饲料中糖最适需要量,采用正交设计,在各营养素交互作用下,约为25%(刘汉华等,1991),其试验投饲率为3%~6%。

草鱼幼鱼,每100g体重对糖的日需要量为1.12g(毛永庆等,1985)。如果投饲率以3%或2%计,则饲料含糖量分别为38%或56%才能满足需要。饲料中糖含量高达50%以上,草鱼生长仍然良好(黄忠志等,1985)。草鱼实用饲料中淀粉含量一般均达到45%~50%(林鼎等,1987)。关于鱼类对糖类的需要量见表3。

表3 鱼类对糖类的需要量

| 鱼名      | 条件                | 最佳需要量<br>(%) | 作者           |
|---------|-------------------|--------------|--------------|
| 青鱼(成鱼)  | 平均体重37.12%~48.82g | 9.5~18.6     | 王道尊等1984     |
| 青鱼(鱼种)  | 蛋白质含量为30%~40%     | 20左右         | 王道尊等1984     |
| 青鱼(鱼种)  |                   | 30           | 杨国华等1985     |
| 青鱼(食用鱼) |                   | 35           | 杨国华等1985     |
| 鲮鱼      | 投饲率2%             | 24~26        | 毛永庆等1995     |
| 荷沅鲤     | 投饲率3%~6%          | 25           | 刘汉华等1991     |
| 草鱼      | 投饲率2%             | 56           | 毛永庆等1985     |
|         | 投饲率3%             | 38           | 毛永庆等1985     |
|         | 投饲马铃薯淀粉           | 50           | 黄忠志等1985     |
| 异育银鲫    | 粗蛋白39.3%          | 36           | 贺锡勤等1988     |
| 团头鲂幼鱼   |                   | 25~30        | 杨国华等1985     |
| 长吻鮠     |                   | 34~36        | 四川省水产研究所1990 |

一般鱼类对纤维素不能消化吸收,但是纤维素能促进肠道蠕动,有助于其他营养素扩散和消化吸收,也有助于粪便的排出,是不可缺少的。约在40多年前,日本学者M. Migita和Y. Hashimoto(1949)将草鱼肠内含物经过镜检,发现植物细胞壁没有变化,同时也未发现消化液含有活性纤维素酶,而间接判断草鱼不能消化纤维素。这个观点延续了近半个世纪,直至1978年林浩然等用放射性同位素<sup>14</sup>C标志粗纤维,做成颗粒饲料投喂草鱼,测定<sup>14</sup>C在鱼体的吸收和分布情况,并计算其消化吸收率。结果草鱼对饲料中粗纤维的消化吸收率是:大鱼组较高,为6.09%,中鱼组为4.74%,小鱼组为3.33%,其消化吸收率变动于3.33%~6.09%之间,这初步证明了草鱼能利用一部分粗纤维。草鱼对粗纤维的需要量,黄忠志等(1983)研究认为其最佳需要量为10%,参见表4。

表4 鱼类对粗纤维的适宜需要量

| 鱼名    | 条件              | 最佳需要量<br>(%) | 作者           |
|-------|-----------------|--------------|--------------|
| 草鱼    | 鱼种 53g重, 25~28℃ | 10           | 黄忠志等 1983    |
| 团头鲂   |                 | 12           | 上海水产研究所 1990 |
| 尼罗罗非鱼 | 鱼种 5g           | 14           | 廖朝兴等 1983    |
| 异育银鲫  | 鱼种              | 12           | 贺锡勤等 1990    |
| 青鱼    |                 | 8            | 上海水产研究所 1985 |
| 长吻鮠   |                 | 4~8          | 四川水产研究所 1990 |

## 4 脂肪和必需脂肪酸

### 4.1 脂肪

王道尊等(1987)报道了青鱼(平均体重约 10~60g)在水温 21~31℃下, 饲料中脂类的最佳需要量为 6.5%左右, 低于 3%或高于 8%则生长下降。毛永庆等(1985)采用正交实验设计, 获得草鱼日粮脂肪需要量, 每 100g 体重为 0.4g, 即相当于饲料脂肪含量的 8%, 雍文岳等(1985)研究认为草鱼饲料脂肪最适含量为 3.6%, 超过 7%以上, 草鱼的正常生长即受到影响, 认为草鱼是一种利用脂肪能力较低的鱼类。毛永庆等(1985)报道, 鲢鱼日粮脂肪需要量, 每 100 克体重为 0.1g, 即相当于饲料脂肪含量为 4%~5%。荷元鲤饲料脂肪最适含量为 12%(刘汉华等, 1991)。胡子鲶饲料脂肪含量以 6%为最好, 在 6%时, 鱼体生长速度最快, 饲料系数最低(陈铁郎等 1995)。苏氏鲮幼体以酪蛋白为蛋白源, 蛋白质含量为 49%时, 脂肪含量以 6%为最佳, 其成鱼以鱼粉为蛋白源, 蛋白质含量为 43%时, 脂肪含量以 11%为最佳(温锐洪等, 1995)。

### 4.2 必需脂肪酸

亚油酸(18:2 $\omega$ -6)、花生四烯酸(20:4 $\omega$ -6)等  $\omega$ -6 系列的脂肪酸, 和亚麻酸(18:3 $\omega$ -3)、二十碳五烯酸(20:5 $\omega$ -3)及二十二碳六烯酸(22:6 $\omega$ -3)等  $\omega$ -3 系列的脂肪酸都是鱼类的必需脂肪酸, 鱼类对必需脂肪酸的需求量依种类而不同, 大致可分为淡水鱼类和海水鱼类, 淡水鱼类利用 18 碳脂肪酸合成 20 或 22 碳脂肪酸的能力明显强于海水鱼类, 因而, 20:5 $\omega$ -3 和 22:6 $\omega$ -3 是海水鱼饲料所必需的。

王道尊等(1986)对青鱼发现, 无脂肪饲料或缺乏必需脂肪酸时, 青鱼生长很差, 饲养 4 周后, 出现鱼眼球突出, 竖鳞, 体色变黑和鳍充血等缺乏症。在饲料中添加 6% 鱼油组, 鱼生长最好, 饲养 6 周增重率达 134.6%。在饲料中添加 1% 亚油酸或 1% 亚麻酸, 鱼生长均较好。另外, 还发现添加 1% 花生四烯酸(20:4 $\omega$ -6)对改善青鱼生长效果并不理想。

刘镜恪等(1996)采用乳化油直接添加法, 人工调节轮虫和卤虫体内  $\omega$ -3HUFAs, 探讨其对黑鲷仔稚鱼生长、存活的影响, 结果表明: 22:6 $\omega$ -3 和 20:5 $\omega$ -3 等  $\omega$ -3HUFAs 对黑鲷仔稚鱼的生长和成活率有显著影响。用天然鱼油强化活饵料效果优于乙酯化鱼油。

刘玉芳(1991)对草鱼等淡水鱼类脂肪酸组成进行了分析, 见表 5。

表5 草鱼、鲢鱼、鳙鱼背肌、肝胰脏脂肪酸组成

| 脂肪酸                           | 草 鱼  |      | 鲢 鱼  |      | 鳙 鱼  |      |
|-------------------------------|------|------|------|------|------|------|
|                               | 背肌   | 肝胰   | 背肌   | 肝胰   | 背肌   | 肝胰   |
| 饱和脂肪酸                         |      |      |      |      |      |      |
| C14:0                         | 1.1  | 1.3  | 5.1  | 3.4  | 3.6  | 3.0  |
| C16:0                         | 16.7 | 17.5 | 15.5 | 17.5 | 15.5 | 19.1 |
| C17:0                         | -    | 0.2  | 1.9  | 1.8  | 0.5  | 0.6  |
| C18:0                         | 1.2  | 0.5  | 2.7  | 4.1  | 2.5  | 1.1  |
| 合 计                           | 19.0 | 20.5 | 25.2 | 26.8 | 22.1 | 23.8 |
| 不饱和脂肪酸                        |      |      |      |      |      |      |
| 一烯酸                           |      |      |      |      |      |      |
| C16:1 $\omega$ 1              | 3.3  | 4.3  | 5.1  | 4.4  | 7.1  | 7.5  |
| C18:1 $\omega$ 7, $\omega$ 9  | 17.5 | 23.7 | 10.1 | 8.0  | 21.5 | 41.0 |
| C20:1 $\omega$ 9              | 0.3  | 0.8  | 5.3  | 3.0  | 5.1  | 4.4  |
| C22:1 $\omega$ 9, $\omega$ 11 | 1.2  | 1.4  | 2.6  | 2.7  | 2.8  | 2.0  |
| 合 计                           | 22.3 | 30.2 | 23.0 | 18.1 | 36.5 | 54.9 |
| 多烯酸                           |      |      |      |      |      |      |
| C18:2 $\omega$ 6              | 13.3 | 8.5  | 4.2  | 2.8  | 3.2  | 1.1  |
| C18:3 $\omega$ 3              | 32.2 | 22.1 | 6.9  | 4.7  | 8.7  | 3.1  |
| C20:2 $\omega$ 6              | 0.5  | 0.7  | 0.3  | 0.6  | 0.9  | 0.9  |
| C20:3 $\omega$ 6              | 0.4  | 0.3  | 0.1  | -    | 0.2  | 0.2  |
| C20:4 $\omega$ 6              | 3.3  | 4.2  | 5.0  | 6.0  | 4.4  | 2.9  |
| C20:5 $\omega$ 3              | 1.7  | 2.0  | 11.9 | 9.7  | 8.2  | 1.5  |
| C22:4 $\omega$ 6              | 0.4  | 0.9  | 0.6  | 2.1  | 1.1  | 0.8  |
| C22:5 $\omega$ 6              | 0.3  | 0.3  | 4.4  | 3.8  | 2.6  | 1.6  |
| C22:5 $\omega$ 3              | 1.5  | 1.2  | 2.0  | 3.4  | 2.0  | 0.9  |
| C22:6 $\omega$ 3              | 4.4  | 8.7  | 15.8 | 21.5 | 9.1  | 7.7  |
| 合 计                           | 58.0 | 48.9 | 51.2 | 54.6 | 40.4 | 20.8 |
| 总计 $\omega$ 6                 | 18.2 | 14.9 | 14.6 | 15.3 | 12.4 | 7.6  |
| $\omega$ 3                    | 39.8 | 34.0 | 36.6 | 39.3 | 28.0 | 13.2 |

\* 引自刘玉芳(1991)。

## 5 维生素

维生素是维持鱼体正常生理功能必需的营养素,对维生素的需求量需要注意四个方面:(1)最小必需量,以防止缺乏症出现为准;(2)营养需要量,以满足健康生长为准;(3)保健推荐量,鱼类对不良环境的适应,机体损伤和细菌感染后恢复等,均要增加对维生素的需要量;(4)以防止鱼类出现维生素缺乏症的最低量为基准,但必需考虑到加工过程、储存期间的损耗,故某些维生素要适当加大添加量。鱼类对维生素的需要量受种类、发育阶段、饲料组成和品质、环境因素、维生素本身的稳定性等影响,在添加维生素时对这些因素必须加以注意。

我国在这些方面仅有初步研究,发现如果饲料中缺乏氯化胆碱、肌醇、泛酸钙和烟酸,青鱼、团头鲂的生长会受到严重影响。胡志洲等(1988)初步研究发现,若缺乏维生素C,草鱼



眼窝充血,鳃盖、胸鳍、腹鳍基部布满出血点,体腔内的腹膜和肠系膜也出现血点,并发现草鱼对维生素 C 需要量,每千克饲料约为 600mg。黄世蕉等(1992)应用配合饲料添加维生素 B<sub>6</sub> 对草鱼进行饲养试验,发现饲料中添加维生素 B<sub>6</sub> 能够显著降低血清中甘油三酯、白蛋白和葡萄糖水平,增高高密度脂蛋白、胆固醇的含量和淀粉的活力,促进鱼类机体对蛋氨酸的利用,有改善草鱼脂肪代谢,避免肝脏脂肪过量沉积的功能。吴达辉等(1991)的研究表明,当饲料中含有 3% 豆油和 2% 的鱼肝油时,体重为 0.6g 的草鱼饲料中维生素 E 的适宜添加量为 62.9mg/kg 饲料。当饲料中胆碱含量达到 0.1% 时,异育银鲫生长最佳,肝脏含脂量基本趋于稳定(王道尊等,1995);雷武等(1995)研究发现,长吻鮠饲料中添加维生素 B<sub>6</sub> 50mg/kg,维生素 C 2000mg/kg 的饵料系数最低,蛋白质效率最高。现将我国几种主要养殖鱼类饵料中维生素的适宜含量推荐值列于表 6。

表 6 鱼类饵料中维生素含量推荐值(mg/kg)<sup>(1)</sup>

| 维生素名称           | 尼罗罗非鱼 | 草鱼                 | 青鱼 <sup>(2)</sup> | 团头鲂 | 鲤       |
|-----------------|-------|--------------------|-------------------|-----|---------|
| A(IU)           |       | 5500               | 5000              |     | 2000    |
| D(IU)           |       | 1000               | 1000              |     | 1000    |
| E               | 200   | 62                 | 10                |     | 50~100  |
| K               | 20    | 10                 | 3                 |     |         |
| B <sub>1</sub>  | 25    | 20                 | 5                 |     | 5       |
| B <sub>2</sub>  | 100   | 20                 | 10                |     | 7~10    |
| 烟酸              | 375   | 100                | 50                | 20  | 29      |
| 泛酸钙             | 250   | 50                 | 20                | 50  | 30      |
| B <sub>12</sub> | 0.05  | 0.01               | 0.01              |     |         |
| 叶酸              | 7.5   | 5                  | 1                 |     |         |
| 生物素             |       |                    |                   |     | 0.5~1.0 |
| 肌醇              | 1000  | 100                |                   | 100 | 440     |
| C               | 500   | 600                | 50                | 50  | 50~100  |
|                 |       | 644 <sup>(3)</sup> |                   |     |         |
| 胆碱              | 2500  | 550                | 500               | 100 | 500~700 |
| 对氨基苯甲酸          | 200   |                    |                   |     |         |

\* (1)主要水生动物饲料标准及检测技术鉴定材料,1990。

(2)上海水产研究所,1982。

(3)薛华,林鼎,第二届世界华人鱼虾营养学术研讨会论文摘要,1995。

## 6 无机盐

无机盐是构成鱼体组织的重要原料,同时也是维持机体渗透压、酸碱平衡等正常生理代谢不可缺少的营养素。

草鱼饲料中钙、磷、硫、铁和镁的适宜比例约为 Ca:P:S:Fe:Mg = 18:12:9:2:1,根据该