

第三届  
**中国水产动物营养**  
与饲料学术大会论文集

任泽林 周志刚 主编

中国农业科学技术出版社

第三届  
**中国水产动物营养  
与饲料学术大会论文集**

任泽林 周志刚 主编



R6604/01

中国农业科学技术出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

第三届中国水产动物营养与饲料学术大会论文集/任泽林, 周志刚主编. —北京: 中国农业科学技术出版社, 2004.6

ISBN 7-80167-657-2

I. 第 …

II. ①任 … ②周 …

III. ①水产动物—营养—学术会议—文集 ②水产动物—饲料—学术会议—文集

IV. S963-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 041372 号

责任编辑 沈银书

责任校对 李 刚

出版发行 中国农业科学技术出版社

邮编: 100081

电话: (010) 68919708; 68975144

传真: 62189014

经 销 新华书店北京发行所

印 刷 北京金鼎彩色印刷有限公司

开 本 787mm × 1 092mm 1/16

印张: 13.25

印 数 1 ~ 2 500 册

字数: 306 千字

版 次 2004 年 6 月第 1 版

2004 年 6 月第 1 次印刷

定 价 40.00 元

# 第三届中国水产动物营养与饲料学术大会

(2002年10月11~14日,北京)

## 主办单位:

中国水产学会营养与饲料研究会

## 承办单位:

中国农业科学院饲料研究所

北京友谊通元水产技术开发中心

## 赞助单位:

北京英惠尔生物技术有限公司

东海粮油工业(张家港)有限公司

北京康农生物技术有限公司

上海大江(集团)股份有限公司

## 会议组委会:

主 席: 麦康森(青岛海洋大学)

副主席: 任泽林(中国农业科学院饲料研究所)

委 员: 叶元土(苏州大学)

解绶启(中国科学院水生生物研究所)

叶金云(浙江省淡水水产研究所)

田丽霞(中山大学)

田吉顺(北京友谊通元水产技术开发中心)

曾 虹(中国农业科学院饲料研究所)

薛 敏(北京友谊通元水产技术开发中心)

王 岩(上海水产大学)

## 会议顾问:

蔡辉益(中国农业科学院饲料研究所)

## 前 言

由中国水产学会营养与饲料研究会主办的第三届中国水产动物营养与饲料学术大会于2002年10月11~14日在北京举行。与会代表共340名,分别来自中国农业科学院饲料所、北京友谊通元水产技术开发中心、中国科学院水生生物研究所、中国科学院青岛海洋研究所、中国科学院南海海洋研究所、中国水产科学院黄海水产研究所、中国水产科学院长江水产研究所、中国水产科学院南海水产研究所、中国水产科学院淡水渔业中心、中国水产科学院珠江水产研究所、中国农业科学院畜牧所、中国海洋大学、浙江大学、中山大学、汕头大学、厦门大学、苏州大学、集美大学、湛江海洋大学、北京师范大学、华南师范大学、河北师范大学、南京农业大学、华中农业大学、华南农业大学、西南农业大学、河南农业大学、上海水产大学、大连水产学院、武汉工业学院、湖北农学院、浙江万里学院、广东省科学院微生物研究所、广东省农业科学院畜牧研究所、广东省农业科学院兽医研究所、福建省淡水水产研究所、江苏省淡水水产研究所、江苏省农业科学院畜牧研究所、浙江省淡水水产研究所、浙江杭州市水产科学研究所、山东省淡水水产研究所、山东省海洋水产研究所等47家科研单位和北京英惠尔生物技术有限公司、东海粮油工业(张家港)有限公司、北京康农生物技术有限公司、上海大江(集团)股份有限公司等137家企业单位。

大会共交流口头报告73份。中国水产学会营养与饲料研究会主任委员麦康森教授作了中国水产动物营养与饲料工业现状及发展趋势的大会报告;国家饲料工业办公室饲料处杨振海处长介绍了国家饲料产业政策;中国农业科学院饲料研究所蔡辉益所长结合畜禽饲料的研究与发展,介绍了我国饲料科学研究的新进展及趋势;中国水产科学院副院长李杰人研究员就我国水产养殖业的现状及前景向与会代表作了综述。代表们就水产动物的营养需求、投喂体系、营养代谢、营养免疫、营养性疾病、替代蛋白源、脂肪源及添加剂、饲料配方、饲料营养价值评定及饲料加工等诸方面进行了广泛的交流和热烈的讨论。

会议共收到论文59篇,通过严格审稿与筛选,共选用30篇,包括综述、研究论文及简报,编辑成《第三届中国水产动物营养与饲料学术大会论文集》,由中国农业科学技术出版社出版。论文的审稿得到了中国农业科学院、北京友谊通元水产技术开发中心等单位专家学者的大力支持,论文的出版得到了中国农业科学技术出版社沈银书编辑的全力协助,在此一并表示感谢!论文集由于多方面原因,迟至今日才与大家见面,在此表示歉意。由于编者水平原因,其中疏忽或错漏之处,敬请各位作者和广大读者不吝批评指正。

本届学术研讨会能够顺利召开,得到了北京英惠尔生物技术有限公司、东海粮油工业(张家港)有限公司、北京康农生物技术有限公司、上海大江(集团)股份有限公司的大力帮助。在此,我们谨致以诚挚的谢意!

编 者

2004年3月



## 目 录

中国水产养殖科技发展现状与展望 .....	李杰人 (1)
罗氏沼虾的营养需要研究 .....	李爱杰, 郑述河 (6)
动物营养与基因表达关系的研究进展 .....	钱国英 (11)
海水仔稚鱼的必需脂肪酸——n-3 系列高度不饱和	
脂肪酸研究概况 .....	刘镜恪, 陈晓琳 (20)
鱼类投喂系统的研究 .....	周志刚, 解绶启, 崔奕波 等 (28)
利用包膜微粒饲料培育罗氏沼虾 ( <i>Macrobrachium rosenbergii</i> )	
苗种的试验 .....	陈四清, 张岩, 于东祥 等 (37)
异育银鲫口服葡萄糖后血糖、血脂和肝糖原的变化	
.....	蔡春芳, 陈立侨, 宋学宏 等 (43)
异育银鲫肠道对膨化和非膨化饲料蛋白质的酶解	
动力学研究 .....	罗莉, 叶元土, 林仕梅 等 (51)
硝和维生素 E 对皱纹盘鲍 ( <i>Haliotis discus hannai</i> Ino)	
血清抗氧化酶活力的影响 .....	万敏, 麦康森, 徐玮 等 (59)
河蟹饲料复合维生素预混料配方的筛选试验 .....	张家国, 潘晓玲, 师吉华 等 (68)
大豆磷脂和胆固醇对河蟹生长和饲料效率的影响 .....	陈乃松, 魏俊刚, 李建权 (73)
草鱼种复合无机盐预混料的研究 .....	王志忠, 轩子群, 马汝芳 等 (79)
云斑尖塘鳢配合饲料蛋白质最适含量的初步研究	
.....	陆清儿, 李忠全, 周向阳 等 (86)
幼鲤 ( <i>Cyprinus carpio</i> ) 饲料中适宜蛋能比的研究 .....	任泽林, 曾虹, 周文豪 (91)
饲料中添加不同水平鱿鱼内脏粉对南美白对虾	
生长性能的影响 .....	刘立鹤, 郑石轩, 湛波 等 (98)
肉骨粉替代鱼粉在鲤鱼饲料中应用效果的研究 .....	周文豪, 薛敏, 周志刚 等 (106)
不同动植物蛋白比饲料对南方池养牙鲆生长的影响	
.....	林建斌, 李金秋, 朱庆国 等 (112)
青鱼饲料的配方设计问题 .....	冷永智, 高启平 (120)
鲤鱼 ( <i>Cyprinus Carpio</i> ) 肠道不同部位表观消化率	
差异研究 .....	周志刚, 任泽林, 曾虹 等 (126)
粪便收集时间影响鲤鱼 ( <i>Cyprinus Carpio</i> ) 表观	
消化率的测定 .....	周志刚, 任泽林, 曾虹 等 (132)

- 鲤鱼 (*Cyprinus Carpio*) 表观消化率日变化初步研究  
..... 周志刚, 任泽林, 曾虹 等 (140)
- 鲤鱼 (*Cyprinus Carpio*) 表观消化率加和效应  
的研究 ..... 周志刚, 任泽林, 曾虹 等 (145)
- 水温影响鲤鱼 (*Cyprinus Carpio*) 的表观消化率  
..... 周志刚, 任泽林, 周文豪 等 (152)
- 花鲈对 8 种饲料原料表观消化率的研究 ..... 薛敏, 高尚胜, 吴秀峰 等 (157)
- 鲤鱼幼鱼饲料中豆粕替代鱼粉及桑普诱食剂应用  
效果的研究 ..... 颌志刚, 牛翠娟, 曾端 等 (163)
- 饲料中添加不同酸制剂对罗非幼鱼生长效果研究 ..... 谭永刚, 潘庆, 郑石轩 (170)
- 菜籽粕中毒物对异育银鲫生理机能和生长的影响研究 ... 刘文斌, 王爱民, 王恬 (176)
- 氧化鱼油对幼鲤消化机能的影响 ..... 任泽林, 周文豪, 霍启光 等 (184)
- 对虾免疫与疾病控制 ..... 朱旺明, 阳会军, 周萌 (193)
- 山东省淡水鱼类的营养性疾病 ..... 马俊岭, 马学华, 薛贵虎 等 (199)

## Contents

- The status and future of the aquaculture technology in China ..... Li Jieren (1)
- Studies on the nutritional requirements of *Macrobrachium rosenbertii*  
 ..... Li Aijie, Zheng Shuhe (6)
- Overview of studies on the nutritional regulation of gene expression ..... Qian Guoying (11)
- Research outline of n - 3 HUFA for marine fish larvae ..... Liu Jingke, Chen Xiaolin (20)
- Review of fish feeding system ..... Zhou Zhigang, Xie Shouqi, Cui Yibo, et al (28)
- Study on microencapsulated diets in shrimp (*Macrobrachium rosenbergii*)  
 larvae rearing ..... Cheng Siqing, Zhang Yan, Yu Dongxiang, et al (37)
- The change of plasma glucose, plasma triglyceride and liver glycogen after  
 oral glucose administration in allogynogenetic silver crucian carp  
 ..... Cai Chunfang, Chen Liqiao, Song Xuehong, et al (43)
- Study on enzymolysis kinetics of digestive enzyme from the intestine in crucian carp  
 to the extruded and unextruded feed ..... Luo Li, Ye Yuantu, Lin Shimei, et al (51)
- Effects of dietary selenium and vitamin E on antioxidant enzyme activities in  
 abalone, *Haliotis discus hannai* Ino ..... Wan Min, Mai Kangsen, Xu Wei, et al (59)
- Selective test of compound vitamin additives in feed of Chinese mitten crab  
 (*Eriocheir sinensis*) ..... Zhang Jiaguo, Pan Xiaoling, Shi Jihua, et al (68)
- Effects of dietary soybean phospholipid and cholesterol on growth and feed  
 conversion efficiency of Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*)  
 ..... Chen Naisong, Wei Jungang, Li Jianquan (73)
- Study on mineral premix for larval grass carp *Ctenopharyngoden idella*  
 ..... Wang Zhizhong, Xuan Ziqun, Ma Rufang, et al (79)
- Preliminary studies on optimal protein in formulated diet for *Oxyeleotris marmoratu*  
 (Bleeker) juveniles ..... Lu Qinger, Li Zhongquan, Zhou Xianyang, et al (86)
- Optimum ratio of dietary digestible protein to digestible energy for juvenile carp  
 (*Cyprinus carpio*) ..... Ren Zelin, Zeng Hong, Zhou Wenhao (91)
- Effects of different levels of squid viscera meal in practical feeds on growth performance  
 of shrimp *Litopenaeus vannamei* ..... Liu Lihe, Zheng Shixuan, Zhan Bo, et al (98)
- Substitute of fishmeal by meat and bone meal in practical diets of carp *Cyprinus carpio*  
 ..... Zhou Wenhao, Xue Min, Zhou Zhigang, et al (106)



- Effects of different animal-plant protein ratio in the diet on growth for flounder (*Paralichthys olivaceus*) bred in the south ..... Lin Jianbin, Li Jinqiu, Zhu Qinggou, *et al* (112)
- Problems on feed formula design for black carp ..... Leng Yongzhi, Gao Qiping (120)
- Study on the difference of apparent digestibility in different parts of gut in carp *Cyprinus carpio* ..... Zhou Zhigang, Ren Zelin, Zeng Hong, *et al* (126)
- Feces-collecting time affects the determination of the apparent digestibility coefficient in Carp *Cyprinus carpio* ..... Zhou Zhigang, Ren Zelin, Zeng Hong, *et al* (132)
- The preliminary study on daily variation of the apparent digestibility coefficient in carp *Cyprinus carpio* ..... Zhou Zhigang, Ren Zelin, Zeng Hong, *et al* (140)
- The additive effect of the apparent digestibility coefficient in carp *Cyprinus carpio* ..... Zhou Zhigang, Ren Zelin, Zeng Hong, *et al* (145)
- Water temperature affects the apparent digestibility coefficient of carp *Cyprinus carpio* ..... Zhou Zhigang, Ren Zelin, Zhou Wenhao, *et al* (152)
- Apparent digestibility coefficients of eight feedstuffs in diets for Japanese sea bass (*Lateolabrax japonicus*) ..... Xue Min, Gao Shangsheng, Wu Xiufeng, *et al* (157)
- Studies on substitution of soybean cake for fish meal and effects of application of Sunpu attractant in juvenile carp diets ..... Xie Zhigang, Niu Cuijuan, Zeng Duan, *et al* (163)
- Study on the effect of different acid agents on Growth performance in *Tilapia Oreochromis niloticus* × *O. aureus* ..... Tan Yonggang, Pan Qing, Zheng Shixuan (170)
- Effects of erucic and glucosinolate in rapeseed meal on the growth and physiological performance of *Allogynogenetic crucian* carp ..... Liu Wenbin, Wang Aimin, Wang Tian (176)
- The influences of oxidized fish oil on the digestive function of carp (*Cyprinus carpio*) ..... Ren Zelin, Zhou Wenhao, Huo Qiguang, *et al* (184)
- Immunity and disease control in shrimp ..... Zhu Wangming, Yang Huijun, Zhou Meng (193)
- Malnourished diseases of freshwater fish in Shangdong province ..... Ma Junling, Ma Xuehua, Xue Guihu, *et al* (199)



# 中国水产养殖科技发展现状与展望

李杰人

中国水产科学研究院, 北京 100029

改革开放以来, 中国的水产业取得了举世瞩目的成就。2001年, 中国的水产品总产量达到4382万吨, 连续十二年居世界首位; 渔业总产值2928亿元, 占中国农业总产值的比重由1978年不足2%上升到12%以上。水产业在我国的国民经济, 特别是农业经济发展中占有越来越重要的地位。

水产养殖业是我国渔业的重要组成部分, 也是我国渔业发展的主要增长点。我国的渔业发展重心由“捕捞为主”向“以养殖为主”的转移, 促进了我国水产养殖业发生巨大的变化。2001年中国水产养殖产量达到2726万吨, 比1978年增长了16倍, 占水产品总产量的比重由29%上升为62.22%。而在世界渔业总产量中, 养殖产量占20%, 中国水产养殖产量占世界养殖产量近80%。中国率先完成了渔业由捕捞业为主向养殖业为主的转变。这相当于人类食物生产史中由“采摘型”向“农耕型”、“狩猎型”向“畜牧型”的转变。而人类完成这两个转变, 花费了数百年、上千年的时间, 才将人类从荒蛮带向了文明。

## 1 科技进步对中国水产养殖业发展起到了重要的推动作用

我国渔业之所以能取得如此巨大的成就, 一个重要的因素就是科技进步对水产养殖业的发展起到了重要的推动作用。主要体现在以下几个方面:

### 1.1 拓展了水产养殖的生产领域

科技的进步, 提高了对资源的开发利用水平, 从而使许多从前未被利用或利用率很低的资源得到较为充分的利用, 对促进我国水产养殖业的发展产生了极为重要的作用。如淡水大水面增养殖技术的开发和普及, 使250万公顷湖泊、水库得到较为充分的养殖利用; 滩涂贝类育苗、养殖技术的提高及对虾人工育苗和养殖技术的开发成功, 使我国滩涂养殖利用面积达到了75万公顷; 以贝类、藻类养殖和网箱养鱼等为主体的浅海养殖技术的推广应用, 使我国10m等深线以内的浅海得到大面积的利用, 并正在向40m等深线发展。低洼盐碱地的渔业利用、稻田养鱼、高密度流水养鱼、工厂化养殖技术的

兴起，使水产养殖业具有了更广阔的前景。

### 1.2 提高了水域利用率和劳动生产率

由于各种综合高产技术的研究和应用，极大地提高了生产水平，使养殖生产的单产水平大幅度上升。2001年，中国的淡水养殖产量达1 595万吨，面积达536万公顷，分别比1978年增长了21倍和2倍；淡水养殖单产达2 829 kg/ha，是1978年的10倍以上。海水养殖产量达1 132万吨，面积达129万公顷，分别比1978年增长了25倍和13倍；海水养殖单产达8 796 kg/ha，是1983年的3倍（1978年无海水养殖单产统计）。

### 1.3 增强了开发新资源、新品种的能力

技术的突破，带动了新产业的形成，改变了传统的生产格局。继20世纪50年代“四大家鱼”人工繁殖技术的突破带动了淡水养殖业的巨大发展后，海带、扇贝及中国对虾及海水鱼类人工育苗技术的突破和养殖技术的发展，为20世纪80年代以来我国海水养殖业的兴起和蓬勃发展奠定了技术基础。通过引进、驯化、人工培育等方式，一大批生长性能优良、经济价值较高的新品种被开发出来并应用于生产，对优化养殖结构、发展“两高一优”的水产养殖业起到了重要的促进作用。例如，过去被列为“海珍品”的扇贝，现在年产量已达近百万吨，成为大众的美味佳肴。

### 1.4 促进了渔业生产方式的变革

随着技术的进步，以牺牲自然资源和大量的物质消耗为其主要特征的传统渔业生产方式得到改善，人工控制程度和现代化程度较高的各种养殖方式得到较大发展，持续发展已越来越被重视。工厂化养鱼、网箱养鱼、流水养鱼等各种高产养殖方式，立体利用水域、水陆复合生产的生态渔业以及能量充分利用等各种高效利用模式得以较为广泛的应用，保持渔业资源和水域资源可持续利用的生产技术已越来越被生产者接受和掌握。同时，以生物技术（细胞工程及基因工程应用）、信息技术为主的渔业高新技术也有了较大发展，有些已在生产中发挥了作用。这些技术的应用和日益普及，加快了渔业现代化的步伐。

## 2 水产养殖科技现状和努力方向

分析我国的资源现状，进一步发展水产养殖业生产仍具有相当大的潜力。据统计，全国有适宜养殖的浅海滩涂260万公顷，目前仅利用约1/3；可养内陆水域670万公顷，也仅利用2/3；还有未开发的宜渔盐碱低洼荒地230万公顷。同时，已利用的养殖水面，提高单产的潜力也很大。因此，发展我国的水产养殖业无论是从经济发展的需要还是从资源的潜力来说，都具有较好的条件。但我国水产养殖业的发展目前还面临着很多新情况、新问题。主要表现在：渔业水域生态环境恶化的状况比较严重，病害防治体系尚不

健全；水产养殖种苗培育体系不完善，养殖品种结构不合理；渔业基础设施薄弱，产前、产中、产后诸环节的产业链结构不够完善。这些问题的存在，极大地制约着我国渔业的进一步发展，也是水产养殖科技工作的努力方向。

## 2.1 注重改善养殖生态环境，发展健康养殖

我国在淡水池塘综合生态养殖方面处于世界领先水平。在池塘能流、物流、生态关系等方面有一定研究基础。对湖泊、水库等大水面增养殖的生态研究已开展 20 多年，取得较好成绩，已具备制定湖泊、水库渔业合理开发利用技术规范的技术基础。但对浅海、滩涂养殖生态系统研究基础薄弱，研究刚刚起步，在短期内尚不可能为增养殖合理布局提供技术依据。

在病害防治方面，我国对主要水产养殖病害的病原、病理、药物及免疫防治方法的研究有一定基础，但总体研究深度不够。在淡水养殖领域，针对草鱼出血病、嗜水气单胞菌引起的淡水鱼类暴发病等进行了病原学及综合防治方面的研究；在海水养殖领域，针对对虾常见的细菌性疾病和对虾白斑病等进行了病原学及综合防治方面的研究；在渔用疫苗、生态制剂等方面也开展了应用性研究。在渔用药物研究方面的研究较为落后，目前仅对少数几种药物进行过药代动力学研究。

今后要加强研究不同类型浅海、滩涂、内陆大水面、低洼盐碱地等水域的科学养殖方式，确定合理的养殖容量、合理养殖结构，提出降低养殖生态环境负荷的综合立体利用水域的养殖技术和养殖水域的环境优化与生物修复技术，为养殖方式改革及管理提供科学依据，建立以生态调控为主要手段的健康养殖技术和病害的监测、预报技术，加强免疫防治技术、疫病检疫技术及安全用药技术研究。

## 2.2 优化养殖品种结构，加强优良品种开发

目前我国已开发成功一大批养殖种类。其中淡水养殖种类有：青鱼（19 万吨）、草鱼（331 万吨）、鲢鳙（491 万吨）、鲤鱼（219 万吨）、鲫鱼（152 万吨）、鳊鲂（54 万吨）、罗非鱼（67 万吨）、鳊鱼（11.6 万吨）、鳙鱼（15.6 万吨）、罗氏沼虾（12.8 万吨）、中华绒螯蟹（河蟹，28.6 万吨）、中华鳖（11.4 万吨）、鳝鱼、鲶鱼、鲟鱼等；海水养殖种类中，鱼类有大黄鱼、美国红鱼（红拟石首鱼）、鲈鱼、鲷科鱼类（真鲷、黑鲷、斜带髭鲷、红鳍笛鲷、花尾胡椒鲷、紫红笛鲷、黄鳍鲷等）、石斑鱼、鲷鱼、梭鱼、牙鲆、大菱鲆、军曹鱼、鲷鱼、卵形鲳、黑鲷等，甲壳类有对虾（中国对虾、斑节对虾、南美白对虾等）、青蟹、梭子蟹等，贝类有贻贝、扇贝（栉孔扇贝、海湾扇贝、虾夷扇贝等）、蛎、蛤、蚶、牡蛎、鲍等，藻类有海带、紫菜（坛紫菜、条斑紫菜）、裙带菜、江篱等，还有海参、海胆等也成为重要的养殖对象。在海水养殖产量中，鱼类产量 49.5 万吨，甲壳类产量 45.7 万吨（其中对虾 30.4 万吨），贝类产量 911 万吨，藻类产量 121.5 万吨，其他 3.6 万吨。

但我国的水产养殖种类基本上是对野生种的直接驯化利用，人工选育出的良种很

少,又主要集中在鲤鱼、罗非鱼和藻类等几个种类中,导致良种更新率极低。鲤鱼品种在新中国成立后只更换了一代,人工培育的罗非鱼和藻类新品种由于保种和扩繁等因素,仅得到部分推广。

在养殖苗种人工繁育方面,以“四大家鱼”人工繁殖成功为代表,我国的苗种繁育技术总体上处于世界领先水平,大多数淡水鱼类人工繁殖基本可以解决,海水鱼类人工繁殖以沿袭淡水鱼繁殖的方法,在许多种类上取得成功。但对一些重要的养殖对象,如鳗鲡和许多海水鱼类、溯(降)河鱼类的苗种人工繁殖技术尚难以解决,有些种类虽可以人工育苗,但产卵亲体还必须依赖捕捞野生亲体。

今后要在加强种质评价和筛选、创新优质选育种材料的基础上,大力开展优良、抗逆新品种(系)选育研究,以传统选育技术为基础,研究建立雌核发育、多倍体、性别控制、转基因等育种新技术,加快良种选育进程;结合生理生态学手段,找出抑制性腺发育和影响苗种幼体变态成活率的关键性生态、生理因子,突破海水鱼(虾)和溯(降)河鱼类的人工繁殖技术,建立全面系统的水产苗种繁育体系。

### 2.3 加强水生生物营养与饲料研究,普及高效配合饲料

我国自20世纪80年代以来,对主要水产养殖品种的营养需求与配合饲料已开展了较为广泛的研究与开发,如鲤鱼、草鱼、罗非鱼、青鱼、团头鲂、鳗鲡、中国对虾、罗氏沼虾、鳖、鲍鱼等等。研究的范围主要集中于大量营养素,如蛋白质、脂肪和碳水化合物的需要量研究和饲料配方的筛选。这些研究结果应用于商品配方的制定与生产,加上吸收国外研究成果、水产饲料加工技术与设备的引进消化,为我国水产动物营养研究与饲料生产奠定了一定的基础,并在推动我国水产养殖业的发展中发挥了重要的作用。国产鲤鱼、草鱼、罗非鱼、鳗鲡、对虾、罗氏沼虾和鳖的商品饲料的质量已接近或达到国际平均水平,饲料系数已达到2.0以下。但在总体上看,我国的水产动物营养研究与饲料开发工作仍相当薄弱,渔用饲料的开发利用技术仍比较落后,与水产养殖生产的需要差距仍相当大,国际上先进的渔用饲料的饲料报酬可达1:1,而我国大多为1:2以上。由于配合饲料技术不过关,也影响了配合饲料的应用和推广。据测算,目前我国的水产养殖需要2000多万吨配合饲料,但实际仅生产700多万吨,其余均依靠饲用原料或鲜杂鱼直接投喂,报酬低,浪费极大,且对水域环境造成严重污染、病害滋生,并危害到人类的食品卫生安全。

今后应重点研究主要类型水产养殖对象不同生长阶段对营养的需求,研究开发不同养殖条件下的配合饲料及综合养殖条件下的补充饲料,并研究配套的加工工艺,以提高饲料利用率,降低饲料对水质的污染。

### 2.4 积极开发设施养殖技术,发展高效养殖业

我国的工厂化养鱼始于工厂化育苗,大多数海淡水的鱼、虾、贝、藻的苗种基本上实现了工厂化生产。淡水工厂化养殖成鱼也有一定发展,养殖水平不断提高,一般单产

在每平方米 50 kg 以上。海水工厂化养鱼以 20 世纪 90 年代山东省兴起的工厂化养殖牙鲆为代表,目前已建起了近 30 万平方米的养鱼设施。但基本未采用循环水处理设施,水质调控手段差,影响单产的提高和养殖周期,对水资源和升温能源造成浪费,特别是对环境造成污染。目前单产每平米仅 10 kg 多,与国际上每平方米 60 kg 的水平存在相当大的差距。

海水网箱养鱼近十几年来发展迅速,已成为海水鱼类养殖的主要生产方式,但主要是采用抗风浪能力较差的小型网箱,集中在风浪小、水流缓的水域进行养殖,导致养殖密度过高,水质环境恶化,病害频发。目前我国正在开发深海大型抗风浪网箱的引进和研制开发工作,已取得较好的进展,但距生产普及尚有一定距离。

今后要积极开发可控制程度高的集约化、高密度养鱼技术,重点研究海、淡水工厂化养殖技术,解决相关的养殖工艺、水质控制和净化处理、增温、自动控制等工艺及设备;开发 10 m 等深线以外离岸海水养殖技术以及高密度养殖海区环境改造和水质改善技术,开发相关的养殖工程设施和自动控制技术,增加对养殖条件的人工控制能力。

应该相信,只要坚持持续发展的方式开发利用水域资源和水生生物资源,依靠科学技术,尊重客观规律,保护生态平衡,有效而合理地开发利用水域和渔业资源,21 世纪的中国水产养殖业一定会更加充满生机和活力。

# 罗氏沼虾的营养需要研究

李爱杰<sup>1</sup> 郑述河<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 青岛海洋大学, 青岛 266003

<sup>2</sup> 山东省滨州地区水产研究所, 滨州 256616

**摘要** 本文阐述了罗氏沼虾在不同生长期对蛋白质、脂肪、糖、混合无机盐的适宜需要量, 在饲料中必需氨基酸的适宜含量, 对鱼油和豆油的需要量, 适宜的钙磷比及其需要量, 对13种维生素和肌醇、氯化胆碱的需要量, 对维生素C的需要量, 以及罗氏沼虾在缺乏维生素C时所出现的病症。

**关键词** 罗氏沼虾; 营养需要; 饲料

罗氏沼虾 [*Macrobrachium rosenbergii* (de Man)], 隶属于长臂虾科, 沼虾属, 又名马来西亚大虾, 我国台湾省称为淡水长臂大虾, 主要生活在淡水或咸淡水水域中, 是世界性大型淡水虾养殖品种。因其具有生长快、个体大、肉厚实、味鲜美, 并耐干活等特点, 深受消费者喜爱。最大的雄虾体长可达40 cm, 体重达600 g; 雌虾体长可达25 cm, 体重达200 g。1961~1962年生物学家林绍文在马来西亚研究人工繁育罗氏沼虾获得成功, 从此罗氏沼虾的养殖引起各国的重视, 在20多个国家开展了人工养殖。我国是于1976年由广东水产研究所从日本引进, 于次年人工繁殖并试养成功, 很快推广到全国各地。以广东养殖最为普遍, 产量也居全国首位。据1998年统计, 全国产量已达42 851 t。

20世纪90年代, 作者等对罗氏沼虾的人工配合饲料进行了研究, 现将有关罗氏沼虾的营养需要方面的研究结果简要阐述如下。

## 1 罗氏沼虾不同生长期对蛋白质、脂肪、糖、混合无机盐的适宜需要量

郑述河等<sup>[1]</sup>利用正交设计法 [ $L_9(3^4)$ 表]研究了罗氏沼虾不同生长阶段对配合饲料中蛋白质、脂肪、糖、混合无机盐的适宜需求量, 并以梯度法补充试验了幼虾期粗蛋白最佳需要量, 分析了各营养素在不同生长阶段所发挥的作用。结果指出, 平均体长1.5~4.0 cm的幼虾, 其配合饲料中各营养素的适宜含量为: 粗蛋白42%, 粗脂肪8%, 糖22%, 混合无机盐12%, 该期生长过程中粗蛋白为第一限制因素。

为了验证蛋白质含量更高的效果, 在网箱中进行了幼虾期蛋白质最佳需求量的试验。结果表明, 幼虾平均日增长率和平均日增重率的影响均以45%粗蛋白为最高, 48%次之, 42%最差。因此, 幼虾期饲料粗蛋白的适宜含量为45%。

平均体长 3.9 ~ 5.4 cm 的育成前期虾, 饲料中各营养素的适宜含量为: 粗蛋白 39%, 粗脂肪 8%, 糖 26%, 混合无机盐 14%, 该期生长过程中混合无机盐为第一生长限制因素; 平均体长 4.72 ~ 6.02 cm 的育成虾, 饲料中各营养素的适宜含量为: 粗蛋白 36%, 粗脂肪 6%, 糖 30%, 混合无机盐 12%, 该期生长过程中粗脂肪为第一限制因素。粗蛋白和粗脂肪皆随着虾体的增长而减少, 而糖的需求量则随着虾体的增长而增多, 由幼虾期 22%、育成前期 26% 至育成中期增为 30%。

朱雅珠等 (1994) 以鱼粉和酪蛋白为蛋白源, 对体重 3.6 g 左右的罗氏沼虾进行梯度试验后认为, 该虾饲料粗蛋白含量以 50% 为宜。

罗氏沼虾具有较强的杂食性, 在幼虾期 (3.5 cm) 以前, 偏动物食性, 对饵料蛋白质、脂肪要求较高, 而对无机盐、糖要求较低, 随着虾体的增长, 逐步转为偏草食性, 能够有效地利用碳水化合物, 对蛋白质、脂肪要求较低, 而对糖类的要求越来越高。

## 2 罗氏沼虾饲料中必需氨基酸的含量

对鱼类氨基酸的需要量大多数学者都采用 Halver 等 (1957)<sup>[2]</sup> 所建立的方法, 但其方法具有工作量大、试验费昂贵及费时多等缺点, 从而限制了这方面的研究应用。因此, 不少学者寻求其他方法, Ogino (1980)<sup>[3]</sup> 报告采用体蛋白质氨基酸日增长量确定鲤鱼的必需氨基酸需要量, 所得结果与 Nose (1979)<sup>[4]</sup> 的鲤鱼研究结果 (采用 Halver 氏方法) 十分一致。林鼎等 (1986)<sup>[5]</sup> 研究发现草鱼肌肉必需氨基酸组成模式与采用 Halver 方法所得到的必需氨基酸需要量模式相当接近。李爱杰等<sup>[6]</sup> 即以此方法分析了罗氏沼虾肌肉的必需氨基酸含量, 并以此为基础计算了饲料含蛋白质为 45%、40%、35% 及 28% 时的必需氨基酸需要量, 并以蛋氨酸为 1, 其他必需氨基酸作相应的换算, 得出各必需氨基酸之间的比例。参见表 1。

表 1 罗氏沼虾肌肉必需氨基酸含量、氨基酸比值及饲料中必需氨基酸需求量

Table 1 The content and ratio of essential amino acids in muscle of *Macrobrachium rosenbergii* and the requirements of dietary essential amino acids

必需氨基酸	必需氨基酸含量		比值 <sup>1</sup>		蛋白质含量为 X% 时必需氨基酸需求量 <sup>2</sup>			
	前期 (%)	后期 (%)	前期	后期	45%	40%	35%	28%
蛋白质	88.64	92.13						
苏氨酸	3.121	3.256	1.29	1.29	1.58	1.41	1.24	0.99
缬氨酸	5.038	4.748	2.09	1.89	2.56	2.27	1.80	1.44
蛋氨酸	2.414	2.518	1	1	1.23	1.09	0.96	0.77
异亮氨酸	3.763	3.922	1.56	1.56	1.91	1.70	1.49	1.19
亮氨酸	6.172	6.554	2.56	2.60	3.13	2.79	2.49	1.99
苯丙氨酸	3.412	3.680	1.30	1.46	1.73	1.54	1.80	1.12
赖氨酸	6.068	6.517	2.51	2.59	3.08	2.94	2.48	1.98
组氨酸	1.679	1.803	0.75	0.72	0.85	0.76	0.68	0.55
精氨酸	7.502	7.952	3.11	3.16	3.81	3.39	3.02	2.42
色氨酸	未分析							

<sup>1</sup> 氨基酸比值的计算方法为: 以蛋氨酸为 1, 其他氨基酸含量除以蛋氨酸含量而得;

<sup>2</sup> 为计算结果, 表示当蛋白质含量为 X% 时必需氨基酸需求量占饲料量的百分数, 其计算方法为: 必需氨基酸需求量 (%) =  $AB/C \times 100$  (式中: A 为必需氨基酸含量, B 为蛋白质含量占饲料量的百分数, C 为罗氏沼虾肌肉蛋白质含量)。



当蛋白质含量为 45%~40% 时,按必需氨基酸含量的前期数值计算;蛋白质含量为 35%~28% 时,则按后期数值计算。

### 3 罗氏沼虾饲料中鱼油和豆油的需求量

豆油含有 18:2n-6 和 18:3n-3, 但却不含 20:5n-3 和 22:6n-3, 而后两者却又是罗氏沼虾所必需的。体长为 3.0~4.3 cm 的罗氏沼虾,在基础饲料中豆饼和各种谷物所含的脂肪总量为 5.79% 时,不需要在饲料中再加植物油,但需要添加鱼油,以提供 n-3 系列高度不饱和脂肪酸,鱼油的最佳添加量为 0.5%,在此条件下,其成活率、增长率都达到最高<sup>[7]</sup>。

### 4 罗氏沼虾饲料中适宜的钙磷比及需要量

钙和磷直接参与虾壳的形成。钙在肌肉收缩、血液凝固、神经冲动传递、细胞完整性维持、酸碱平衡和几种重要酶的激活中起重要作用;而磷是核酸和细胞膜的重要成分,并直接参与细胞的生理反应。钙和磷都是罗氏沼虾生长所必需,对钙、磷的吸收能力与饲料中钙、磷含量呈明显的正相关。罗氏沼虾由水中吸收钙的能力较差,机体所需的钙必须由饲料中获得。这和对虾不同,对虾可由海水中吸收机体所需要的钙。

钙磷比对罗氏沼虾的成活率影响不显著,但对罗氏沼虾的增长率和增重率影响显著,对平均日增长率和增重率的影响为:1:1>2:1>3:1>1:2>1:3,呈明显的规律性变化,即钙磷比以 1:1 生长最快,随钙磷比的增大,生长逐渐变慢。经差异显著性检验表明,其间差异极显著 ( $P<0.01$ )。统计表明,钙磷比为 1:1 时获得最高的增长率和增重率。

虾类对钙磷含量的需求不尽相同。金泽昭夫 (1985)<sup>[8]</sup>认为,日本对虾对钙磷的需要量应为 2%;李爱杰等 (1992)<sup>[6]</sup>研究认为罗氏沼虾对钙磷的需要量,在 4% 时获得最大的增长率和增重率,且显著地不同于其他含量。

饲料中钙磷含量对罗氏沼虾体内的水分含量有着明显的影响。当钙磷含量为 1% 时,水分含量为 79.25%,2% 时为 77.77%,3% 时为 76.65%;而当磷钙含量为 4% 时,沼虾体内水分含量为 76.10%。可见,虾体内水分含量随饲料中钙磷含量的增加而明显地减少。因此,为了养好罗氏沼虾,必须在饲料中添加适量的钙和磷。

### 5 罗氏沼虾对饲料维生素的需求

与动物生长时构成身体物质和贮存物质的营养素不同,维生素在体内起催化作用,它们促进主要营养素的合成与降解,从而控制代谢。维生素的需要量很少,但却是动物不可缺少的重要营养成分。饲料中缺乏维生素,就会使某些代谢过程受到损害,从而导