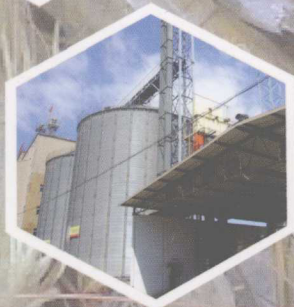




普通高等教育“十一五”国家级规划教材

宋青春 齐遵利 ■ 主编

水产动物 营养与配合饲料学



中国农业大学出版社

ZHONGGUONONGYEDAXUE CHUBANSHE

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

水产动物营养与 配合饲料学

宋青春 齐遵利 主编

中国农业大学出版社
·北京·

图书在版编目(CIP)数据

水产动物营养与配合饲料学/宋青春,齐遵利主编. —北京:中国农业大学出版社,2010.1
ISBN 978-7-81117-925-5

I. ①水… II. ①宋…②齐… III. ①水产动物-动物营养②水产动物-配合饲料 IV. ①S963

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 015073 号

书 名 水产动物营养与配合饲料学

作 者 宋青春 齐遵利 主编

策划编辑 潘晓丽

封面设计 郑 川

出版发行 中国农业大学出版社

社 址 北京市海淀区圆明园西路2号

电 话 发行部 010-62731190,2620

编辑部 010-62732617,2618

网 址 <http://www.cau.edu.cn/caup>

经 销 新华书店

印 刷 北京时代华都印刷有限公司

版 次 2010年1月第1版 2010年1月第1次印刷

规 格 787×1092 16开本 21印张 537千字

印 数 1~3 000

定 价 34.00元

责任编辑 韩元凤

责任校对 陈莹 王晓凤

邮政编码 100193

读者服务部 010-62732336

出版部 010-62733440

e-mail cbsszs@cau.edu.cn

图书如有质量问题本社发行部负责调换

内 容 简 介

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,适用于水产养殖专业的本科教育,同时也是研究生教育、高职高专教育、科研和生产的重要参考资料。

本书在传统的相关教材或参考资料的框架基础上,吸收了新的科研成果和理论,特别是对于目前研究的热门内容水产动物的微粒子饲料以及当前人们普遍关心的饲料安全问题,做了专门的介绍。主要包括水产动物的摄食、消化与吸收,对各类营养素和能量的需要,配合饲料的原料特性,配方设计,加工工艺,配合饲料质量与安全控制以及水产动物营养与饲料的研究方法等。

前 言

我国的水产养殖已有 3 000 多年的历史,在长期的养殖生产中,劳动人民积累了丰富的实践经验。1958 年我国水产科技工作者总结了过去的丰产经验,归纳出了“水、种、饵、混、密、轮、防、管”八字精养法,该精养法在其诞生后 50 多年的养殖生产中发挥了重要的指导作用,使养殖产量和经济效益大幅度提高,同时生产和科技的发展也赋予了该精养法以更新、更多的内容。在该精养法中,“水、种、饵”三字是构成水产养殖生产的基本要素,缺一不可。水产养殖的过程实际上就是“饵”在“水”中通过“种”转化为水产品的过程,“饵”是水产养殖的物质基础。

我国传统的池塘养殖方式中,一般用施肥培养浮游生物或投放水、陆生青饲料或农副产品的下脚料来解决饲料问题,因此,产量低下,优质鱼比例不高,经济效益上不去。

随着社会的发展和人民生活水平的提高,人们对水产品的数量要求越来越大,对其质量要求也越来越高,这就要求水产工作者在较短的时间内养殖出量多质优的水产品。为此,水产科技工作者从多方面研究影响水产动物生长的因素,其中一个重要方面就是水产动物的营养与配合饲料。在各级政府的大力支持下,经过科研人员几十年的努力,我国水产动物营养与饲料取得了长足的发展,特别是近几年的科研成果层出不穷,对水产养殖的发展起到了巨大的推动作用。

水产动物营养与配合饲料学是水产养殖(淡水养殖、海水养殖)专业一门必修的专业基础课。尽管它属于专业基础课,但是带有很强的专业课性质。我国的水产动物营养与配合饲料的研究起步较晚,其教育则起步更晚,20 世纪 90 年代初才开始进入课堂。当时全国没有统编教材,各校使用校内自编材料,也有的使用非教材出版物。1996 年李爱杰主编了第一部全国高等院校的统编教材《水产动物营养与饲料学》,在当时和以后的教育、生产和科研中发挥了重要作用。其后出版或内部发行了一些高职高专使用的教材,但是对于高等教育再未有新教材。随着社会的发展和科技的进步,新的科研成果和理论不断出现,新教材编写势在必行,本教材就是在这种形势下产生的。

本教材是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,由 10 所高校的 14 位教师在大量收集国内外最新资料的基础上,用两年多的时间精心编写而成。本教材适用于水产养殖(淡水养殖、海水养殖)专业的本科教育,同时也是研究生教育、高职高专教育、科研和生产的重要参考资料。

本书在传统的相关教材或参考资料的框架基础上,吸收了新的科研成果和理论,特别是对于目前研究的前沿水产动物的微粒子饲料以及当前人们普遍关心的饲料安全问题,都做了专门的介绍,体现了“与时俱进”的思想。

河北皓海生物科技有限公司陈飞鹏,吉林省水产推广总站黄福、朱新华,河北农业大学阎莹、潘

娟参加了部分编写整理工作。

本教材在编写过程中参考了大量资料,特向各位原作者表示感谢。

由于本教材内容多,工作量大,再加上编者水平有限,书中错误或遗漏之处在所难免,诚望广大读者批评指正。

编者

2009年10月

目 录

绪论	1
第一节 营养与饲料	1
一、营养	1
二、饲料	2
三、水产动物营养与配合饲料学	3
第二节 水产动物营养与配合饲料的发展概况	4
一、国外水产动物营养与配合饲料的发展概况	4
二、我国水产动物营养与配合饲料的发展概况	5
第三节 水产动物及食物的化学组成	5
第一章 水产动物的摄食、消化与吸收	7
第一节 水产动物的摄食	7
一、摄食器官	7
二、摄食过程	8
三、摄食节律	8
四、影响水产动物摄食的因素	9
第二节 水产动物对饲料的消化	11
一、鱼虾的消化系统	11
二、水产动物的消化酶	15
三、水产动物对饲料的消化	16
第三节 营养物质的吸收	18
一、吸收机制	18
二、营养物质的吸收	18
第四节 消化率及其测定	20
一、概念	20
二、消化试验	20
三、影响消化率的因素	22
第二章 水产动物的蛋白质营养	24
第一节 蛋白质的组成与生理作用	24
一、蛋白质的组成与分类	24
二、蛋白质的生理作用	26
第二节 蛋白质的消化与代谢	27
一、蛋白质的消化与利用	27
二、蛋白质和氨基酸的代谢	27

第三节 水产动物对蛋白质的需要	29
一、蛋白质需要的研究方法	29
二、几种主要养殖鱼类对蛋白质的需要量	30
三、甲壳动物对蛋白质的需要量	32
四、影响水产动物对蛋白质需要量的因素	36
第四节 水产动物对必需氨基酸的需要量	37
一、必需氨基酸和非必需氨基酸	37
二、限制性氨基酸	38
三、饲料氨基酸平衡	38
四、水产动物对必需氨基酸的需要量	40
第五节 蛋白质营养价值的评定	41
一、可消化粗蛋白质	41
二、蛋白质的生物学价值	42
三、净蛋白利用率	42
四、蛋白效率	42
五、化学比分	42
六、必需氨基酸指数	43
第六节 肽的营养	43
第三章 水产动物的脂类营养	46
第一节 脂类的分类、结构和作用	46
一、脂类的分类与结构	46
二、脂类的主要性质	48
三、脂类的生理作用	49
第二节 水产动物对脂类的利用	49
一、脂类的消化吸收及转运	49
二、脂类的代谢	51
第三节 水产动物对脂类的营养需求	57
一、水产动物对脂肪的需求	57
二、水产动物对必需脂肪酸的需求	59
三、水产动物对类脂的需求	64
第四章 水产动物的糖类营养	69
第一节 饲料中的糖类及其生理作用	69
一、糖类的概念	69
二、糖类的生理作用	71
第二节 水产动物对糖类的利用	72
一、水产动物的糖代谢	72
二、水产动物对糖类的利用特点	72
第三节 水产动物对糖类的需要量及影响因素	75
一、水产动物对可溶性糖类的需要量及影响因素	75
二、水产动物对粗纤维的需要量及影响因素	77

第五章 水产动物的维生素营养	81
第一节 概述	81
一、维生素的概念	81
二、维生素的命名和分类	82
第二节 脂溶性维生素	83
一、维生素 A	83
二、维生素 D	85
三、维生素 E	86
四、维生素 K	87
第三节 水溶性维生素	88
一、维生素 B ₁	89
二、维生素 B ₂	90
三、维生素 B ₃	91
四、胆碱	91
五、维生素 B ₅	92
六、维生素 B ₆	93
七、生物素	94
八、叶酸	94
九、肌醇	95
十、维生素 B ₁₂	96
十一、维生素 C	97
第四节 水产动物对维生素的需要量及影响因素	98
一、水产动物对维生素的需要量	98
二、影响水产动物对维生素需要的因素	100
第六章 水产动物的矿物质营养	102
第一节 概述	102
一、矿物元素的分类	102
二、必需元素的先决条件	102
三、矿物质在体内的生理作用	102
第二节 常量元素	103
一、钙(Ca)与磷(P)	103
二、镁(Mg)	106
三、钾(K)、钠(Na)和氯(Cl)	107
四、硫(S)	108
第三节 微量元素	109
一、铁(Fe)	109
二、铜(Cu)	110
三、锰(Mn)	111
四、锌(Zn)	112
五、硒(Se)	113

六、碘(I)	115
七、钴(Co)	116
八、铬(Cr)	116
第四节 影响矿物质利用率的因素	117
第五节 矿物质的需要量	118
第七章 能量营养	121
第一节 饲料能量在动物体内的转化	121
一、总能	122
二、消化能	123
三、代谢能	124
四、净能	125
五、水产动物的能量收支	129
第二节 水产动物的能量需要	130
一、能量蛋白比	130
二、饲料中适宜的能量浓度	131
三、单位体重或单位代谢体重的能量需要	131
四、影响水产动物能量需要的因素	132
第八章 各种营养素之间的关系	134
第一节 能量营养素之间的关系	134
一、蛋白质、糖类和脂肪之间的关系	134
二、粗纤维与其他能量营养素之间的关系	137
第二节 能量营养素与非能量营养素之间的关系	137
一、能量营养素与维生素之间的关系	137
二、能量营养素与矿物质之间的关系	138
第三节 非能量营养素之间的关系	138
一、维生素和矿物质之间的关系	139
二、维生素之间的关系	139
三、矿物质之间的关系	140
第九章 水产动物饲料的分类及评述	142
第一节 饲料分类	142
一、饲料的国际分类法与我国现行分类法	142
二、各类饲料的划分说明	144
三、饲料分类编码和饲料数据库	146
第二节 蛋白质饲料	146
一、植物性蛋白饲料	147
二、动物蛋白饲料	156
三、微生物蛋白	159
第三节 能量饲料	161
一、谷实类籽实	161
二、谷类加工副产品	164

三、块根、块茎及瓜果类饲料	166
四、液体能量饲料	167
第四节 饲料的抗营养因子	169
一、植物饲料中的抗营养因子	169
二、动物性饲料中的抗营养因子	171
第五节 饲料资源的开发和利用	172
一、我国常规饲料资源的状况	172
二、我国非常规饲料资源的状况	173
三、饲料资源开发应考虑的几个问题	174
第十章 水产动物饲料添加剂	176
第一节 概述	176
第二节 营养型添加剂	176
一、微量元素添加剂	176
二、维生素添加剂	179
三、氨基酸添加剂	181
第三节 非营养型添加剂	182
一、抗生素	182
二、合成抗菌剂	186
三、益生菌	186
四、饲料保存剂	187
五、生物活性制剂	190
六、诱食剂	198
七、着色剂	199
八、中草药添加剂	200
九、黏合剂	202
十、其他非营养型添加剂	203
第十一章 水产动物配合饲料设计	206
第一节 配合饲料概述	206
一、配合饲料的概念	206
二、水产动物营养与饲料的特点	208
三、全价配合饲料的优越性	210
四、饲料配方及其设计步骤	211
五、饲料配方设计的原则	211
第二节 营养需要和营养标准	212
一、营养需要	213
二、营养标准	213
第三节 全价配合饲料配方设计	217
一、全价配合饲料设计的基本原理	217
二、全价配合饲料配方设计的依据	218
三、设计全价配合饲料应注意的问题	219

四、全价配合饲料配方设计的方法和步骤	220
五、水产动物全价配合饲料配方举例	224
第四节 预混合饲料的配方设计	224
一、预混料的非活性物料(载体)	225
二、预混料设计的依据	227
三、预混料配方设计注意事项	228
四、预混料配方设计的一般方法和步骤	229
五、矿物质复合预混料配方示例	229
六、维生素复合预混料配方示例	232
七、氨基酸复合预混料配方设计	232
八、综合复合预混料配方设计	233
第十二章 水产动物配合饲料加工技术	234
第一节 水产动物全价配合饲料的加工技术	234
一、加工工艺流程和类型	234
二、原料	235
三、粉碎	237
四、配料	239
五、混合	242
六、制粒	244
七、水产膨化饲料生产设备和技术	246
八、包装	250
第二节 预混料加工技术	250
一、添加剂预混料的加工工艺要点	251
二、维生素预混料的加工工艺	251
三、微量元素预混料的加工工艺	253
第三节 饲料生产环境控制	254
一、噪声和粉尘的危害	254
二、噪声的防治措施	254
三、吸尘和除尘	255
四、粉尘爆炸的防止	256
第十三章 水产动物微粒子饲料	258
第一节 概述	258
一、生物饵料的缺点	258
二、微粒子饲料的发展概况	259
三、微粒子饲料的优点	259
四、微粒子饲料应具备的基本条件	259
第二节 仔稚鱼及甲壳类幼体的消化生理特点	260
一、个体大小	260
二、消化系统发育尚未完全	260
三、消化酶活性低下	261

四、对仔稚鱼与甲壳动物幼体的营养需求所知甚少	261
第三节 仔稚鱼与甲壳动物幼体的营养需求	262
一、仔稚鱼与甲壳动物幼体的营养需求研究方法	262
二、仔稚鱼与甲壳动物幼体的营养需求	262
第四节 水产动物微粒子饲料的种类	268
第五节 水产动物微粒子饲料的加工	269
第六节 水产动物微粒子饲料的研究展望	271
第十四章 水产动物配合饲料质量与安全控制	272
第一节 饲料原料和产品的检验	272
一、饲料原料和产品检验的主要内容	272
二、饲料原料和产品检验的基本方法	273
三、饲料样品的采集、制备和保存	275
四、主要指标的检测	276
五、饲料原料与产品的质量标准的	280
六、饲料原料和配合饲料的质量判定	291
第二节 配合饲料质量控制	293
一、配方控制	293
二、原料控制	293
三、生产过程控制	293
四、贮存	294
第三节 饲料安全及控制	295
一、饲料安全的概念及其产生的原因	295
二、饲料中有毒有害物质及其危害	296
三、饲料工业对环境的污染及其控制	299
第四节 饲料质量认证和管理体系	300
一、质量认证和质量体系认证的概念	300
二、饲料企业 GMP 管理	301
三、饲料企业 ISO 9000 质量体系认证	302
四、饲料企业 HACCP 管理体系	303
第十五章 水产动物营养与饲料的研究方法	305
第一节 概述	305
第二节 实验设计与分组	306
一、实验设计	306
二、动物的选择与分组	309
第三节 实验饲料	311
一、精制饲料与半精制饲料	311
二、等能饲料、等氮饲料和对照饲料	312
第四节 数据处理与结果分析	312
一、完全区组实验结果分析	313
二、不完全区组实验结果分析	315

三、正交实验设计及结果分析	316
附录 饲料营养成分表	319
参考文献	321

第一节 营养与饲料

一、营 养

(一)营养的概念

生物生命活动的过程,实际上就是新陈代谢的过程。新陈代谢包括合成代谢和分解代谢两个同时进行的过程及物质代谢和能量代谢两个同时进行的方面。动物体要生存,就必须不断地从外界环境中摄取食物,经过口腔、食道、胃、肠道的消化和吸收,并在体内进行一系列的生化反应,以此维持生命活动和建造自身组织,从而能正常地生活、生长、发育和繁殖。

营养就是动物摄取、消化、吸收和利用食物进行合成代谢的过程。食物中所含有的具有营养作用的物质称为营养素或营养物质,营养素包括六大类,即蛋白质、脂质、碳水化合物、无机盐、维生素和水,每一类营养素又包括若干种营养素。

实际上,一个小生命的产生之初(精子和卵子结合成受精卵那一刻)开始就进行营养活动,此时,水产动物一般是利用从母体带来的营养物质——卵黄——进行生命活动,此阶段称为内源营养阶段;当卵黄中的营养物质即将消耗完毕之前,这个小生命的消化系统也发育到了一定程度,对环境中的适口食物能够摄取、消化和吸收,此时,同时利用卵黄和食物中的营养物质进行生命活动,因此,此阶段称为混合营养阶段;当卵黄中的营养物质消耗完毕之后,这个小生命完全依靠从外界摄取的食物中的营养物质进行生命活动,故此阶段称为外源营养阶段。通常人们所说的水产动物的营养主要是指外源营养阶段。

(二)营养研究的目的

营养的研究是随着养殖方式(或密度)的发展而发展的。随着养殖密度的增大,人工饲料的作用越来越重要,营养的研究的作用也越来越重要。

(1)在粗放粗养或野生的情况下,水产动物的食物完全来自于野生天然食物,无人工投喂,也无人工培养的天然食物,因此,也不需要营养学知识。

(2)在滤食性动物为主,吃食性动物为辅的养殖方式中,天然饲料为主,人工饲料为辅。渔产力主要决定于天然饲料。这就需要人工培养一定质和量的天然饲料,这就需要掌握一定的水产动物

的摄食、消化和吸收等有关营养学知识。

(3)以吃食性动物为主,滤食性动物为辅的养殖方式中,人工饲料为主,天然饲料为辅。渔产力主要决定于人工饲料。这就需要不仅掌握一定的水产动物的摄食、消化和吸收等有关营养学知识,而且还要掌握水产动物的营养需求等知识。

(4)完全人工投喂的养殖方式。在高密度的集约化养殖条件下(工厂化养殖、流水养殖、网箱养殖),水体中的天然食物对水产动物的营养基本上没有什么作用。水产动物的生长和发育完全依赖于人工饲料,即渔产力完全决定于人工饲料。这就要求掌握更多的营养学知识,因为在这种养殖方式条件下,没有天然饲料的补充,人工饲料中一旦缺乏某一种或几种营养素,就会抑制水产动物的生长和发育,从而影响经济效益。

随着优质水产动物(吃食性水产动物)放养密度的提高,人工饲料的使用量越来越高,地位也越来越重要,为了使其作用得以充分利用,同时又能充分发挥水产动物的生长潜力,势必要研究水产动物的食性、摄食方式、对饲料的消化率、营养生理、营养性疾病、对各种营养素的需求量等。

因此,研究营养的目的是为设计和生产配合饲料提供理论依据,没有相应的营养学研究,就不可能设计和生产出真正的配合饲料,自然也就不能满足水产动物的生理需要,不能达到高产、高效的目的。

营养良好的水产动物,摄食旺盛,体质健壮,发育正常,生长速度快,精力充沛,对外界刺激反应敏感,行动敏捷,对疾病和不良环境的抵抗力强,成活率高,体色鲜艳,机体化学组成好,质量高;对于亲体来说,性腺发育好,按时繁殖,精、卵数量多,质量好,受精率高,胚胎发育正常,孵化率高,孵化出的幼体发育也好,生长快,成活率高。反之,若营养不良,则会导致与上述相反的结果。

(三)营养学及其研究内容

营养学就是在动物及其食物的关系的整体观念中,加入生理、生化知识,阐述食物与动物关系的科学。其研究内容主要包括:

- (1)动物对各种营养素的摄取、消化、吸收和利用情况;
- (2)各种营养素对动物营养作用(生理功能);
- (3)各种营养性疾病的发生原因及防治措施;
- (4)动物正常生长、发育和繁殖时对各种营养素的最适需求量。

二、饲料

(一)饲料的概念

饲料是指能为养殖动物提供营养素,在一定条件下无毒,直接或加工后能被养殖动物摄取、消化和吸收的物质。

(二)饲料的分类

我国传统上对饲料有多种分类方法。有的从来源上将饲料划分为天然饲料和人工饲料,天然饲料是指本来就生活在水环境中的饲料,如浮游生物、底栖生物、水生维管束植物等。人工饲料是指人工投喂的饲料,如麸皮、豆饼、配合饲料等。也有的从饲料的特性上把饲料划分为粗饲料、精饲料、鲜活饲料、动物性饲料、植物性饲料等。随着科技的发展,人们对饲料的划分也趋于一致。国际

上将饲料划分为八大类,我国根据国际分类法并结合本国国情将饲料划分为 8 大类 16 亚类 34 个饲料类别,具体分类详见第九章。

根据饲料的营养成分,可划分为单一饲料和配合饲料。单一饲料由一种饲料组成,如鱼粉、豆饼(粕)、麸皮等。配合饲料由多种原料组成,如预混合饲料、浓缩饲料、全价配合饲料等。随着配合饲料的发展,人们往往将单一饲料称为饲料原料(相对于配合饲料)。配合饲料是饲料的发展趋势。

(三)饲料研究的目的

动物生长的过程,实际上就是动物对饲料营养成分的利用和积累的过程,饲料的质量直接影响着动物的生长、发育和繁殖。

过去水产养殖的产量和效益低下,随着科技的发展,产量和效益不断提高,其中的原因是多方面的,其中一个重要原因就是饲料的质量在不断提高。

研究饲料的目的是利用物理、化学和生物的方法,从化学成分、物理性状等方面满足养殖动物的生理需要,提高饲料的利用率,最大限度地发挥饲料的使用价值,降低饲料成本和养殖成本,提高整个养殖的经济效益。

(四)饲料学及其研究内容

饲料学是研究有关饲料的科学。其研究内容主要有:

1. 饲料的化学成分

(1)饲料的营养成分 只有掌握了饲料的营养成分,才能更好地利用饲料。利用饲料实际上就是利用其中的营养素。

(2)饲料原料的抗营养因子及毒素 许多饲料都含有一定量的抗营养因子(特别是植物性原料,如豆类饲料中的抗胰蛋白酶等),有些饲料含有毒素,它们的存在会影响到养殖动物的营养生理活动,影响营养素作用的发挥。为此,必须去除其中的抗营养因子和毒素,或有选择地或限量地利用某种饲料。

2. 促进饲料营养价值和利用率提高的方法

(1)原料的配合 根据养殖动物的营养需求、饲料原料的特性和价格,合理地选择和搭配原料。

(2)饲料的加工 消除抗营养因子和毒素,提高添加剂的热稳定性和化学稳定性,配合饲料的水稳定性以及消化吸收率和适口性等。

3. 新原料的开发 随着养殖业的饲料原料显得有些紧张,从而导致其价格不断上涨,为了降低饲料成本,开发新的饲料原料势在必行。

三、水产动物营养与配合饲料学

(一)概念

水产动物营养与配合饲料学是研究水产动物的营养及配合饲料的科学。其研究对象主要是鱼类和甲壳类,同时也包括爬行动物(鳖、龟)、棘皮动物(海参、海胆)、软体动物(贝、螺、鲍)、两栖类(蛙)等。研究内容主要包括水产动物的摄食、消化与吸收,对各类营养素的需要,配合饲料的原料特性、配方设计、加工工艺,配合饲料质量与安全控制以及水产动物的营养及饲料的研究方