



普通高等教育“十五”国家级规划教材

水产饲料生产学

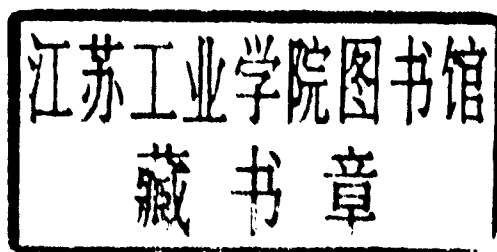
过世东 主编

中国农业出版社

普通高等教育“十五”国家级规划教材

水产饲料生产学

过世东 主编



中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

水产饲料生产学/过世东主编. —北京: 中国农业出版社, 2004.8

普通高等教育“十五”国家级规划教材

ISBN 7-109-09143-0

I. 水... II. 过... III. 水产养殖-饲料生产-高等学校-教材 IV. S963

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 075524 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100026)

出版人: 傅玉祥

责任编辑 李国忠

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2004 年 9 月第 1 版 2004 年 9 月北京第 1 次印刷

开本: 850mm×1168mm 1/16 印张: 25

字数: 598 千字

定价: 35.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

序

本教材是普通高等教育“十五”国家级规划教材。内容涉及水产配合饲料和水产生物饲料的相关内容。配合饲料和生物饲料是水产动物饲养中使用量最大、适用范围最广的两种饲料形式。《水产饲料生产学》研究水产配合饲料和水产生物饲料的生产原理,介绍该两类饲料的生产方法,讨论有关水产饲料领域的研究动态和发展趋势。

《水产饲料生产学》已是水产养殖、动物科学等专业的主要专业课程。学员在掌握水产动物营养需要的基础上,在该课程中学习水产配合饲料和生物饲料生产的相关理论,了解水产配合饲料加工工艺和生物饲料的选育方法,学会正确选择、组合和使用生产设备,获取针对养殖对象生产适宜饲料产品的能力。

本教材中“水产配合饲料生产”和“水产生物饲料生产”两部分内容既有相对的独立性,又存在知识的相互渗透性和共通性。将此相互关联的两部分合理地组合进同一教材,体现出水产饲料生产知识的系统性和完整性,使学员完成本课程的学习后具有较宽的专业面。

《水产饲料生产学》教材编写中刻意追求以下三点:

1. 科学性和前沿性 将专业基础知识和发展趋势进行有机结合。专业理论强调科学性和严密性,以帮助读者掌握较完整的经典理论。在此基础上筛选国内外近年相关的研究成果,结合编写者的研究结论,介绍本专业近期的研究动态和今后的研究趋向。

2. 理论性和实用性 教材中对专业理论进行必要的论证,通过对假设的提出、实验数据支撑至理论建立与完善这一全过程的阐述,使读者在掌握基础理论的同时,了解和学习本专业中科学研究的基本原则和一般方法。结合大量研究者、饲料生产者和水产养殖者运用水产饲料生产学的实例,为读者提供有益的应用模式,培养和提高读者分析现象,解决实际问题的能力。

3. 专业性和普及性 本教材以水产养殖、动物科学等专业的本科生为主要读者对象。教材中所涉及的数学、物理、机械制造、有机化学、无机化学、生物化学、水产动物生理学、水产动物营养学等基础知识都已在专业基础课中讲授。本教材的学习,需要读者在接受专业理论的同时对上述基础理论进行综合应用。

本教材用实物图和结构原理图显示水产饲料厂的常用设备,帮助读者同时从感性与理性两方面对设备进行了解。

除部分理论推导外,教材中的大部分内容也适用于专科生教学。

本教材中部分前沿性理论研究可授教于相关专业的硕士研究生,全书亦可作为硕士研究生的教学参考书。

以理论研讨与实际应用相结合作为本教材的编写方式,部分章节可成为各级相关技术人员的培训教材及饲料厂、养殖场技术人员和操作人员的实用性参考书。

本教材由水产饲料加工、水产营养和水产养殖三个专业中富有教学、科研和实际应用经验的多所大学老师合作编写。其中,过世东编写绪论,第一章的第二节、第三节和第四节,第三章,第四章的第一节、第三节和第四节,第五章的第二节、第三节、第四节和第五节;赵建伟编写第一章的第一节;冷向军编写第二章;过世东和谢正军编写第四章的第二节;徐学明编写第五章的第一节;张登沥编写第六章;尤洋编写第七章;黄旭雄编写第八章、第九章、第十章、第十一章和附录;陈丽华和舒进绘制了第一章至第五章的插图。全教材的第一章至第五章由过世东统稿,第六章至第十一章由周洪琪统稿。

美国 Wenger 公司、江苏牧羊集团、江苏正昌集团、杭州皇冠特种水产饲料有限公司、无锡中亚粮机厂、平湖超伦贝饲料有限公司等多家水产饲料加工机械制造、水产饲料生产和水产养殖企业及相关的技术人员为本教材的编写提供了多种技术资料和有益意见。在此,作者由衷感谢所有关心和帮助本教材编写的单位和个人。并期望读者及时指出本教材的不足,以利我们将更高水平的第二版奉献给水产事业。

编 者

2004 年 4 月于江苏无锡

目 录

序

绪 论	1
一、水产饲料对国民经济的贡献	1
二、水产饲料种类	2
三、水产饲料发展趋势	5
复习思考题	7
主要参考文献	8
第一章 水产配合饲料原料	9
第一节 原料种类与特点	9
一、原料分类	9
二、主要原料的特点	11
第二节 饲料资源开发	19
一、资源开发意义	19
二、资源开发手段	20
三、原料处理方案	22
第三节 饲料物性及仓储	26
一、饲料基本物理性质	26
二、物料装卸	33
三、料仓	35
四、油脂储运	41
第四节 原料清理	43
一、清理目的与要求	43
二、清理设备	44
三、清理设备使用和维护	48
复习思考题	49
主要参考文献	49
第二章 水产配合饲料配方设计	51
第一节 配方设计依据和原则	51

一、配方设计依据	51
二、配方设计原则	54
第二节 配方设计方法	55
一、手工设计法	55
二、计算机设计法	60
第三节 典型配方介绍	62
一、草鱼配合饲料	62
二、鲤鱼配合饲料	63
三、青鱼配合饲料	65
四、罗非鱼配合饲料	66
五、虹鳟鱼配合饲料	68
六、甲鱼配合饲料	69
七、对虾配合饲料	71
复习思考题	72
主要参考文献	72
第三章 水产配合饲料加工机理与设备	73
第一节 粉碎	73
一、粉碎理论	73
二、有筛粉碎机	76
三、无筛粉碎机	85
四、特殊物料粉碎机	89
五、粉碎设备的使用	92
第二节 配料	93
一、配料理论	93
二、配料设备	96
第三节 混合	104
一、混合机理	104
二、混合设备	107
三、混合机的合理使用	116
第四节 成型	116
一、成型目的与要求	116
二、成型设备	121
三、成型设备的操作与维护	133
第五节 成型后处理	136
一、成型后处理步骤与要求	136
二、成型后处理设备	137

三、成型后处理设备的使用	150
第六节 输送及储藏	152
一、机械输送	152
二、气力输送	160
三、仓储设备	169
复习思考题	172
主要参考文献	173
第四章 水产配合饲料加工质量控制	174
第一节 粉料粒度	174
一、粒度测定及其结果表示	174
二、粒度对营养和加工的影响	179
三、粒度控制技术	183
第二节 混合均匀度	187
一、混合均匀度的测量	187
二、混合均匀度指标	188
三、混合质量控制	188
第三节 耐水性	191
一、改良耐水性意义及耐水性评定	191
二、耐水性要求	192
三、耐水性控制法	193
第四节 颗粒外观	197
一、水产颗粒饲料不良外观及其危害	197
二、不良外观的形成及控制方法	198
复习思考题	204
主要参考文献	204
第五章 水产配合饲料加工工艺	206
第一节 水产预混合饲料加工工艺	206
一、载体与稀释剂	206
二、微量组分	208
三、预混合饲料加工技术	212
第二节 微胶囊水产饲料加工工艺	214
一、微胶囊水产饲料的种类和特点	214
二、微胶囊水产饲料生产工艺	217
第三节 粉末水产饲料加工工艺	220
一、粉末水产饲料的特点	220

二、粉末水产饲料生产工艺	222
第四节 硬颗粒水产饲料加工工艺	229
一、硬颗粒水产饲料特点与使用	229
二、硬颗粒水产饲料生产流程	230
第五节 挤压水产饲料加工工艺	240
一、挤压水产饲料种类及加工特点	240
二、挤压水产饲料加工流程	247
复习思考题	253
主要参考文献	253
第六章 单细胞藻类培养	255
第一节 单细胞藻类的种类与生物学特性	255
一、单细胞藻培养种类	255
二、单细胞藻类生物学特性	255
第二节 单细胞藻类培养方式和设施	257
一、单细胞藻类培养方式	257
二、单细胞藻类培养设施	257
第三节 单细胞藻类培养方法	259
一、工具消毒	259
二、单细胞藻类培养液配制	260
三、接种	263
四、管理	263
第四节 单细胞藻类营养价值定向控制	264
一、主要培养种类的营养成分	264
二、单细胞藻类营养价值的影响因子	265
复习思考题	267
主要参考文献	268
第七章 水生维管束植物栽培	271
第一节 水生维管束植物生物学特点	271
一、形态特征	271
二、繁殖特征	272
三、生长条件	273
第二节 水生维管束植物在水产养殖中的作用	274
一、提供饲料	275
二、改良养殖池物理环境	275
三、改善水质	275

四、减少河蟹逃逸	275
第三节 水生维管束植物栽培种类与技术	276
一、常用水生维管束植物种类	276
二、水生维管束植物栽培技术	280
三、典型水生维管束植物栽培实例	282
复习思考题	284
主要参考文献	284
第八章 光合细菌培养	285
第一节 光合细菌的生物学特性	285
一、光合细菌种类与外观特征	285
二、光合细菌的色素和光合作用	287
三、光合细菌营养需求	288
第二节 光合细菌在水产养殖中的应用	290
一、光合细菌的作用	290
二、光合细菌合理使用	293
第三节 光合细菌的分离、培养及保种	293
一、光合细菌的分离	293
二、生产性光合细菌培养	295
三、光合细菌保种	298
复习思考题	298
主要参考文献	299
第九章 轮虫培养	300
第一节 褶皱臂尾轮虫的生物学特性	300
一、褶皱臂尾轮虫形态特征	300
二、褶皱臂尾轮虫分类和变异	302
三、褶皱臂尾轮虫摄食及生长	303
四、褶皱臂尾轮虫生殖及生活史	303
五、褶皱臂尾轮虫的环境要求	307
第二节 褶皱臂尾轮虫的分离、培养和保存	308
一、褶皱臂尾轮虫种的分离	308
二、褶皱臂尾轮虫培养	308
三、褶皱臂尾轮虫种保存	313
四、褶皱臂尾轮虫休眠卵生产和孵化	314
五、褶皱臂尾轮虫培养的研究方向	315
第三节 轮虫营养强化	315

一、饵料对轮虫种群增长和营养价值的影响	315
二、轮虫营养强化方法和效果	318
复习思考题	319
主要参考文献	319
第十章 卤虫培养	322
第一节 卤虫的生物学特性	322
一、卤虫分类与形态	322
二、卤虫发育及生活史	324
三、卤虫摄食特性	325
四、卤虫生殖习性	325
五、卤虫生态及在自然界的分布	327
第二节 卤虫在水产养殖中的应用	332
一、初孵无节幼体	332
二、去壳卵	332
三、中后期幼体及成体	335
第三节 卤虫卵采收和加工	336
一、采收	336
二、加工	337
第四节 卤虫卵质量判别和孵化	340
一、卤虫卵质量判别	340
二、卤虫卵孵化	342
第五节 卤虫养殖和营养强化	344
一、卤虫增养殖	345
二、卤虫营养价值及强化	347
复习思考题	353
主要参考文献	353
第十一章 其他生物饲料培养	358
第一节 担轮幼虫培养	358
一、贝类担轮幼虫产生	358
二、饲用贝类担轮幼虫选择	358
三、贝类担轮幼虫生产	360
第二节 枝角类培养	362
一、枝角类的生物学特性	362
二、枝角类培养	365
三、枝角类应用	367

第三节 桡足类培养	368
一、桡足类的生物学特性	368
二、桡足类培养	371
复习思考题	373
主要参考文献	373
 附录 1 光合细菌和单细胞藻类定量方法	375
附录 2 有效氯含量测定方法	377
附录 3 卤虫卵含水率测定方法	379
附录 4 卤虫卵孵化率测定方法	380
附录 5 卤虫卵孵化速度测定方法	382
附录 6 试验用金属丝编织方孔网结构参数及目数对照表	383
附录 7 盐度、密度和波美度的换算	385

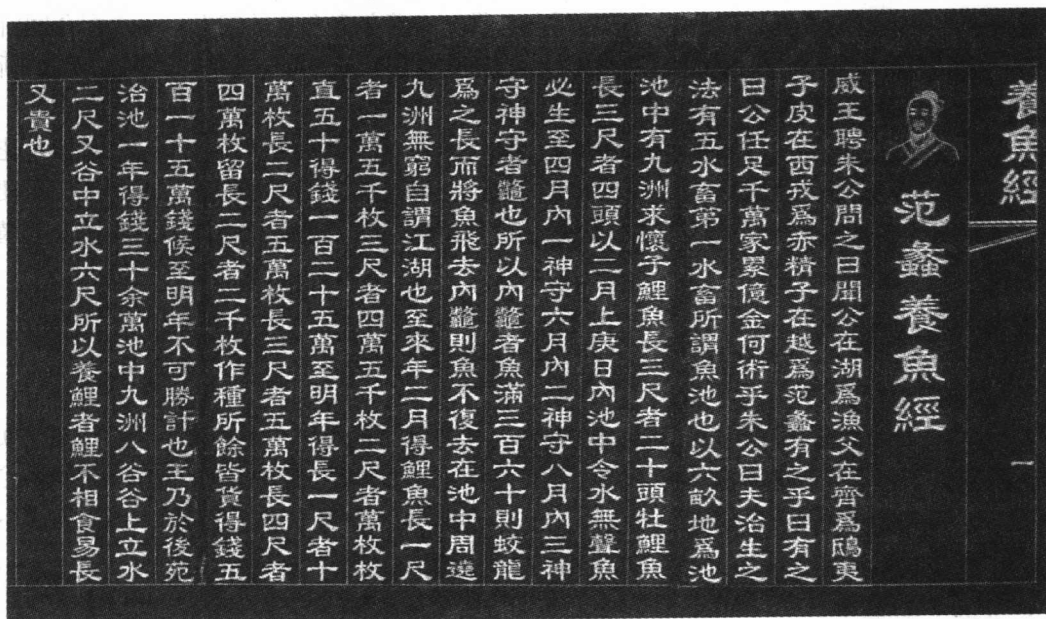
绪 论

一、水产饲料对国民经济的贡献

联合国粮农组织 (Food and Agricultural Organization, FAO) 的统计数据表明, 全世界有 10 亿多人以鱼类为主要动物蛋白来源。鱼类为人们提供约 16% 的动物性蛋白质。联合国粮农组织预测, 全球人均鱼类消费量在今后的 30 年中将持续增长, 从 2002 年的人均年消费量 16kg 增长到 2030 年的 19~20kg。

捕捞和养殖是水产品仅有的两个来源。自 1995 年来, 世界年水产捕捞量就不再增长。分析自然环境下水产动物的繁殖、生长规律和全球的水环境及大气环境状况等可预测, 在今后的 30 年中, 世界每年的水产捕捞量将基本持平或有所下降。要满足人们对水产品的需求, 惟一的途径是增加水产养殖产量。从 20 世纪 90 年代开始, 世界水产品来源已从捕捞转向养殖, 在今后的 30 年中, 养殖水产品在整个水产品中占有的份额将逐年上升。

中国是世界上最早进行水产养殖的国家。早在春秋战国时期, 范蠡就在太湖之畔写出世界第一部养鱼专著《养鱼经》(见“养鱼经”石刻图)。加上我国 $4.83 \times 10^8 \text{ hm}^2$ 的海洋面积, $1.8 \times$



“养鱼经”石刻

10⁴km 的海岸线, 7.65×10⁶ hm² 江河, 7.14×10⁶ hm² 湖泊, 2.11×10⁶ hm² 水库和 1.48×10⁶ hm² 池塘等有利条件, 我国一直是世界上最大的水产养殖国。世界水产养殖总量中的 70% 出自中国。与世界水产品增加的趋势相似, 中国每年捕捞水产品的产量自 1998 年后稳定在 1.7×10⁷t 左右, 养殖水产品产量则从 1998 年的 2.2×10⁷t 增加到 2003 年的 3×10⁷t。2003 年中国水产品出口额达到 54.9 亿美元。水产品成为中国大宗农产品中出口额度最大的品种。

水产饲料、苗种和养殖场所是水产养殖不可缺少的 3 项基本物质条件。水产养殖的持续发展需要水产饲料发展作为支撑。1989 年全国配合饲料产量 3.1×10⁷t, 其中水产配合饲料 8×10⁵t, 仅占 2.58%; 1998 年全国配合饲料产量 6.7×10⁷t, 其中水产配合饲料 4.7×10⁶t, 占 7.1%; 2002 年水产配合饲料产量超过 7×10⁶t, 占全部配合饲料的比例首次超过 10%。可预测, 水产配合饲料的产量和在全部配合饲料中的比例还将继续稳定增长, 以适应水产养殖的需要。换言之, 中国水产养殖前几年及今后一段时期内的快速发展, 水产饲料的贡献功不可没。

水产饲料的生产, 使我国并不富裕的资源得到更充分利用。除部分粮食与鱼粉外, 油粕、米糠、麸皮等粮油加工厂副产品, 酒糟、酱糟等酿造业副产品, 壳、皮、头、尾、内脏等水产食品加工副产品, 血、皮、爪、骨等屠宰业副产品都成为水产饲料的原料。通常, 在畜禽饲料中, 粮食的使用量占 40%~60%; 而在水产饲料中, 粮食的使用量通常为 15%~25%。大量副产品的利用, 不仅增加了水产饲料的数量, 更有效地减缓了众多的行业废料对环境形成的压力。

水产饲料的应用, 减小了水产养殖对自然条件的依赖, 可人为地控制饲料使用量和针对养殖对象调节饲料营养组成, 由此提高养殖水产动物的健康水平和生长速度。按养殖需要, 在水产饲料生产过程中添加某些功能物质和药物, 可有效地提高水产动物的免疫功能或及时取得防病治病效果, 减少水产养殖的风险。

水产饲料的研究和生产为水产养殖品种的改良与更新提供了条件。要使不同的水产动物获得理想的养殖效果, 就要根据各种动物的营养需要提供相应营养素含量的饲料。水产配合饲料可方便地按不同水产动物的生长或繁育需要来调整营养组成, 使改良后的新养殖品种或引进的新品种及时获得全面、均衡的营养素, 从而缩短新品种的繁育周期, 加快新品种的推广速度。

工业化生产的水产饲料可为水产动物提供生长所需的全部营养物质, 养殖人员无需再花时间和精力为养殖动物准备其他食物。工业化生产的水产饲料具有的流动性和适宜的水分含量便于投喂、运输和储藏, 为扩大水产养殖规模, 降低水产养殖中操作人员劳动强度和提高水产养殖机械化水平创造了条件。

二、水产饲料种类

我们将所有水生动物的饲料统称为水产饲料。它包括海水和淡水中各种鱼、虾、蟹、贝、蛙等动物的饲料。水产饲料如按其饲喂对象分类可分为对虾饲料、甲鱼饲料、青鱼饲料等数万种。但如按水产饲料的生产方法及特性来分类, 则水产饲料可分为水产配合饲料 (aquatic formula feed) 和水产生物饲料 (aquatic life-form feed) 两大类。

(一) 水产配合饲料

按水产动物的营养需要设计配方, 采用多种原料, 工业化生产的水产饲料称为水产配合饲

料。水产配合饲料是水产全价配合饲料 (aquatic complete feed)、水产添加剂预混合饲料 (aquatic additive premix)、水产浓缩饲料 (aquatic concentrate) 和水产混合饲料 (aquatic mixed feed) 的统称。在水产配合饲料中, 水产全价配合饲料含有饲养动物正常生长或繁育所需要的各种营养素。水产动物采食适量的全价配合饲料后无需由其他食物提供任何营养物质。水产添加剂预混合饲料由多种饲料添加剂与载体或稀释剂按比例混合而成。水产添加剂预混合饲料含有高浓度的添加剂, 它是水产全价配合饲料原料中的一种, 但不能直接饲喂水产动物。水产浓缩饲料除含有高浓度的添加剂外, 还含有高浓度的蛋白质。水产浓缩饲料也不能直接饲喂水产动物。水产混合饲料含有的营养组分不能满足水产动物的全部营养需要。摄食水产混合饲料后, 水产动物还得在生长环境中寻找其他食物来补充混合饲料中的不足营养素。目前, 国内外水产全价配合饲料的产量逐年增加, 水产浓缩饲料的生产量较少, 而水产混合饲料的产量在逐步减少。

水产全价配合饲料按产品形态和制作方式又可分为硬颗粒饲料、挤压颗粒饲料、软颗粒饲料、微囊饲料、粉末饲料等多种。

1. 硬颗粒饲料 硬颗粒饲料大多为圆柱体或不规则体, 水分含量在 13% 以下。由于配方和压制条件的不同, 硬颗粒饲料的相对密度可在 1.1~1.4 内变化, 投入水中后能较快地沉入水底。硬颗粒饲料制作简单, 压制费用较低, 成品的运输、保藏和投喂都较方便, 特别适用于中下层水域中的成鱼、成虾。

以环模或平模颗粒机制取的硬颗粒饲料是目前国内生产量最大的水产颗粒饲料。在蒸汽的作用及压模、压辊的挤压、摩擦作用下, 物料相互紧靠、黏结。与模孔壁接触部位, 受压和摩擦最为强烈, 致使颗粒表面硬结。高质量的颗粒饲料结构紧密、硬实、表面光洁。投入水中后, 表面硬结层能阻挡水向内部渗透, 使颗粒有较好的耐水性。

2. 挤压颗粒饲料 挤压颗粒饲料由挤压机制作。挤压颗粒饲料按密度大小又分为浮性颗粒饲料和挤压沉性颗粒饲料。

浮性颗粒饲料又称膨化颗粒饲料, 具有多孔组织, 相对密度为 0.3~0.9。浮性颗粒饲料能较长时间地漂浮于水面, 适用于幼鱼、上层鱼及观赏鱼。

浮性颗粒饲料由挤压机生产。加工时物料经高温、高压、高剪切处理, 使其中某些有害菌类和毒素被杀死或破坏, 同时物料的结构发生变化。浮性颗粒饲料中的淀粉、蛋白质之类易为鱼、虾消化吸收。浮性颗粒饲料在水中稳定, 不易溃散流失。浮性颗粒饲料的另一优点是便于饲养者观察水生动物的采食情况。根据剩余饲料的多少可及时调整投饲量, 并可将多余的饲料清除出养殖池, 以减少饲料对水质的污染。

由挤压机生产的颗粒饲料如相对密度大于 1, 则被称为挤压沉性颗粒饲料。挤压沉性颗粒饲料具有良好的颗粒质构, 饲料入水后很快吸水变软, 易于被鱼、虾、贝、蛙等动物采食。

挤压颗粒饲料以球形为多。扁条形、纽扣形、花朵形等挤压颗粒饲料也被用于养殖某些特定的水产动物。

3. 软颗粒饲料 软颗粒饲料在水产养殖场当地制造。采用渔场丰富的鲜杂小鱼或鱼品加工厂中的鱼内脏、鱼皮、鱼头尾等鱼体废弃物为主要蛋白质原料, 配以适量的能量原料、维生素和矿物质原料, 混合成含水量约 30% 的湿粉料后用成形机制成颗粒饲料。这种颗粒饲料因含水量高而呈柔软状, 故称为软颗粒饲料。软颗粒饲料中的鲜杂小鱼或鱼体废弃物未经其他处理, 营养

成分未遭破坏,易为鱼体直接吸收利用。同时软颗粒饲料质地松软,具有鱼、虾所喜爱的鱼腥味,对鱼、虾引诱力强,适口性好。软颗粒饲料可利用渔场资源就地生产,就地使用。但软颗粒饲料水分含量高,运输、保藏都较困难,投喂亦较麻烦。同时,软颗粒饲料采用未经灭菌的鲜湿原料,增加水生动物的疾病传播的危险。

4. 微囊颗粒饲料 微囊颗粒饲料直径很小,仅0.1~0.4 mm。配制好的全价粉末饲料封在微型胶囊之中即成微囊颗粒饲料。胶囊由蛋白质、淀粉、纤维或其他大分子物质组成。常温下胶囊不溶解于普通水。微囊颗粒饲料被鱼等吞食后,受鱼消化道的摩擦作用,在酶或微生物作用及一定的pH环境中,胶囊破裂或溶解,其中的营养物质释放出来供鱼消化吸收。微囊颗粒饲料的制造成本较高,但它能满足水产动物在特殊生长阶段的营养需要,并且在使用的过程中饲料营养成分流失很少,有利于水质的管理。微囊颗粒饲料常用于鱼类或甲壳类水产动物的幼体。

5. 粉末饲料 粉末饲料是细粉状的商品性水产饲料。粉末饲料中除含有鱼类生长所必需的各种营养素外,还包含黏结物。饲喂前用水将粉末饲料调和成团状物,成团投入鱼池,鱼摄食时由外向内啄食饲料团。由于粉末饲料以团状使用,因此要求粉末饲料具有成团后在水中不溶不散的物性,成团后还需有一定的弹性和延伸性,以利于鱼类采食。粉末饲料主要用于饲喂鳊鲌、龟、鳖、虾及某些鱼的幼体。

6. 其他形态饲料 除上述各形态的饲料外,也有采用冻胶饲料、罐装饲料、香肠饲料、疏松颗粒饲料等作为水产饲料。

将鲜湿的全价饲料冰冻成块状冻胶饲料,饲喂时冻胶饲料飘浮在水面。冰冻饲料块在水中由外向内融解,使幼鱼能采食到软性饲料。

罐装饲料与冻胶饲料一样都为凝胶饲料,将凝胶饲料装罐密封即为罐装饲料,便于运输、储藏。使用时将罐中凝胶倒入养殖池即可供鱼采食。冻胶饲料和罐装饲料大多为高档幼鱼的开口饲料,既要具有全价性,又要在水中不溶不散,还要能浮于水面和具有良好的适口性。

将全价饲料装入肠衣制得香肠饲料,使其便于储藏与运输,又具有良好的适口性。饲喂时成段地投入水中作为大型海水鱼的配合饲料。

疏松颗粒饲料在转动圆盘上制取。将配制好的粉状饲料铺散在圆盘上,圆盘与水平面成一定角度并以某一速度旋转。将黏性液体喷成细滴散落到圆盘上的物料中,物料在圆盘的振动下以雾滴为核心滚动成圆球状颗粒。颗粒经干燥即成疏松颗粒饲料。制粒转盘的转速、倾斜角等可调,以得到大小合适的颗粒。疏松颗粒饲料的制粒过程中没有高温、高压操作,饲料组分中的热敏性物质不被破坏。疏松颗粒饲料密度较小,能在水面上漂浮一段时间,而后慢慢沉入水底,适合于做幼鱼和观赏鱼饲料。

(二) 水产生物饲料

具有生命的水产饲料为水产生物饲料,水产生物饲料又被称为生物饵料。水产生物饲料可分为植物性生物饲料、细菌性生物饲料和动物性生物饲料。

1. 植物性生物饲料 水产养殖中,使用较多的水产植物性生物饲料为初等的藻类和较高等的微管束植物。

水产养殖中使用的藻类包含多种水生的单细胞藻类,如小球藻、角刺藻、单鞭金藻等。水生单细胞藻类能利用太阳光进行光合作用,是水域中的初级生产物。单细胞藻类可直接作为鱼、

虾、贝幼体的饲料,也被作为其他水产生物饲料的食物。单细胞藻类个体小,含有丰富的营养素,在水产动物的人工育苗过程中,作为细小体型动物的饲料,目前还难以完全由其他饲料来替代。

大量的水草为微管束植物,其叶、茎、根和花能给养殖动物补充某些营养素。水产养殖中,水生维管束植物作为饲料的同时还具有净化水质、给养殖动物提供隐蔽场所等功能。

2. 细菌性生物饲料 目前培育和使用的细菌性生物饲料主要是光合细菌。与单细胞藻类相同,光合细菌能利用光合作用生长发育。与单细胞藻类不同的是,水产用光合细菌的光合作用仅在厌氧的光照条件下进行,并且在光合作用过程中不产生氧气。

水产光合细菌含有 50% 以上的蛋白质(干基),蛋白质中富含水产动物的必需氨基酸。水产光合细菌所含营养素的另一特点是 B 族维生素含量丰富,并含有其他有益于水产动物生长的活性物质。

光合细菌广泛存在于养殖池的浅层淤泥中。光合细菌能利用淀粉、粗纤维、蛋白质、脂肪等高分子有机物分解后形成的低分子产物迅速繁殖。因而,光合细菌既为水产动物提供良好的营养素,又减缓了水域中过量高分子有机物对水质的污染,起着净化养殖水质的作用。

3. 动物性生物饲料 动物性生物饲料包含轮虫、卤虫、担轮幼虫、糠虾等小型水生无脊椎动物及黄粉虫、蚯蚓、蝇蛆等陆生小型动物。一些小型鱼亦被用做某些特殊鱼类的饲料。本书介绍的动物性生物饲料限于小型水生无脊椎动物。以小型水生无脊椎动物作为水产动物的幼期饲料。

小型水生无脊椎动物大量存在于天然水体中。但对某一水产养殖水域而言,往往品种较单一。在高密度养殖环境中,小型水生无脊椎动物的繁殖、生长速度远不能满足养殖鱼、虾的需要。

采用专门的水池或其他水体进行动物性生物饲料的培养,目前是多种水产动物人工育苗的必备配套工作。依据养殖对象的特殊营养需要,选择动物性生物饲料的种类;按养殖对象的繁殖生长季节,安排生物饲料的培育时间和培育数量,已成为某些水产养殖品种人工育苗过程中的关键性技术。

动物性生物饲料除含有丰富的蛋白质、维生素等营养物质外,还含有某些至今未被完全搞清的活性物质,这些活性物质对动物幼体的消化、免疫及生长起着暂时无法由其他饲料替代的作用。

水产生物饲料在被养殖动物食入前是有生命的物体,适量投放的生物饲料不污染养殖水体。也正因为是活体,储藏和运输难度大,需要按水产养殖动物的生长需要严格控制培育时间和数量。

三、水产饲料发展趋势

(一) 提高饲料安全性

由于在水中群体养殖,增加了控制水产动物疾病的难度。打针、服药等有效的治病防病手段,对某些水产动物极难采用。防止由水产饲料带入病菌的相关措施,受到水产饲料研究者和生