



普通高等教育农业部「十二五」规划教材
全国高等农林院校「十二五」规划教材

观赏水族营养与 饲料学

GUANSHANG SHUIZU
YINGYANG YU SILIAOXUE

冷向军 主编

中国农业出版社



普通高等教育农业部“十二五”规划教材
全国高等农林院校“十二五”规划教材

观赏水族营养与饲料学

冷向军 主编

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

观赏水族营养与饲料学 / 冷向军主编. —北京: 中国农业出版社, 2016. 11

普通高等教育农业部“十二五”规划教材 全国高等农林院校“十二五”规划教材

ISBN 978-7-109-22252-6

I. ①观… II. ①冷… III. ①观赏鱼类-鱼类养殖-高等学校-教材 IV. ①S965.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 253864 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区麦子店街 18 号楼)

(邮政编码 100125)

责任编辑 曾丹霞

北京万友印刷有限公司印刷 新华书店北京发行所发行
2017 年 1 月第 1 版 2017 年 1 月北京第 1 次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 13

字数: 330 千字

定价: 28.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

内 容 简 介

本书为普通高等教育农业部“十二五”规划教材、全国高等农林院校“十二五”规划教材。

本书系编者参考国内外相关教材，结合多年的教学、科研实践编写而成。全书共分十章，主要讲述观赏水族的营养生理、消化生理、营养需求，饲料的营养成分及其生理功用，饲料原料，包括饲料添加剂的种类、特点、选用注意事项及加工贮存方法，观赏水族着色的理论和实践，饲料配方的设计和营养价值评定方法，饲料生产的加工工艺和加工机械设备等。

本书可作为高等农林院校水族科学与技术专业的观赏水族营养与饲料学课程教材，也可作为水产养殖、动物营养与饲料学相关专业研究生及研究人员的参考用书。

主 编 冷向军

副主编 华雪铭 杨志刚

编 者 冷向军 华雪铭 杨志刚 李小勤

前言

QIANYAN

我国的观赏水族养殖历史悠久，但真正的产业化发展开始于 20 世纪 80 年代，特别是近年来发展很快，已形成一个具有巨大发展潜力的新兴产业。在此背景下，水族科学与技术专业应运而生。自上海海洋大学首设水族科学与技术专业以来，华中农业大学、天津农学院、大连海洋大学、西南大学等院校陆续设置了水族科学与技术专业，培养具有观赏水族的育种、水域环境控制、营养与饲料、养殖、病害防治、经营管理等方面的能力，能够在水族产业的企事业单位从事休闲渔业及观赏水族科研、开发、教学、管理等工作的复合型科学技术人才。

发展观赏水族养殖，其重要的物质基础是饲料，而饲料的科学配制建立在观赏水族的营养需求基础上，也离不开饲料加工机械和加工技术的支持。故观赏水族营养与饲料学的教学在水族科学与技术专业的课程体系中占有重要地位。目前，由于没有专门的观赏水族营养与饲料学教材，各设置有该专业的院校大都采用《水产动物营养与饲料学》（麦康森主编）一书作为教材。观赏水族和食用鱼虾同为水产动物，但观赏水族营养与饲料的研究明显滞后于食用鱼虾营养与饲料的研究，且由于饲养目的不同，饲养环境不同，使得观赏水族在营养需求和饲料配制上具有一些不同于食用鱼虾的特点。因此，迫切需要一本专门的《观赏水族营养与饲料学》教材。

编者自 2006 年首次承担“观赏水族营养与饲料学”的教学工作以来，至今已为 10 届本科生讲授了该课程，积累了一些资料和经验，同时编者所在团队也积极开展观赏水族营养与饲料学的科学研究，取得了一些成果。在此基础上，编者参考国内外相关教材，结合多年的教学、科研实践，编写了这本《观赏水族营养与饲料学》教材。

由于国内外尚无同类教材，可供参考的资料不多，编写难度较大，加之编者学术水平有限，书中难免出现欠妥之处，敬请同行和读者谅解，并诚恳希望提出批评和建议，以便再版修改。

编者

2016 年 6 月

前言

绪论	1
第一章 观赏水族营养学原理	8
第一节 蛋白质营养	8
第二节 糖类营养	22
第三节 脂类营养	32
第四节 维生素营养	38
第五节 矿物质营养	47
第六节 能量营养	52
第七节 营养物质间的相互关系	56
第二章 观赏水族营养试验的研究方法	62
第一节 养殖设备	62
第二节 试验设计	63
第三节 试验动物	65
第四节 试验饲料	66
第五节 试验管理	66
第六节 结果分析与处理	67
第三章 观赏水族的消化生理	70
第一节 鱼类的消化系统及消化酶	70
第二节 虾类的消化系统及消化酶	74
第三节 消化率	77
第四章 观赏水族的天然饵料	81
第一节 天然动物性饵料	81
第二节 天然植物性饵料	85

第五章 饲料原料 87

第一节 饲料原料的分类 87

第二节 蛋白质饲料 91

第三节 能量饲料..... 106

第四节 青绿饲料、粗饲料..... 113

第六章 饲料添加剂..... 115

第一节 概述..... 115

第二节 营养性添加剂..... 117

第三节 非营养性添加剂..... 127

第七章 观赏水族的体色与调控..... 138

第一节 鱼类的色素细胞和体色变化..... 138

第二节 类胡萝卜素..... 141

第三节 水产动物对类胡萝卜素的代谢..... 145

第四节 富含类胡萝卜素的天然原料和类胡萝卜素着色剂..... 147

第五节 鱼类体色的调控..... 150

第八章 饲料配方设计..... 159

第一节 配合饲料概述..... 159

第二节 配合饲料配方设计..... 162

第三节 观赏水族饲料配方..... 167

第九章 配合饲料的加工..... 170

第一节 观赏水族饲料的加工工艺特点..... 170

第二节 饲料加工的主要工序和设备..... 171

第三节 饲料膨化技术..... 179

第十章 观赏水族饲料质量管理与评价..... 183

第一节 观赏水族饲料质量的内容..... 183

第二节 观赏水族饲料质量评价..... 187

附录：金鱼饲料的总消化率及其蛋白质消化率的测定..... 190

主要参考文献..... 193

绪 论

观赏水族是用于观赏而不是单纯作食用的一类水生动物，通常具有鲜艳的色彩或奇特的形状，其种类繁多，包括鱼类、甲壳动物（虾、蟹等）、爬行动物（龟类等）、腔肠动物（海葵、水母等）等，但最主要的品种还是各种观赏鱼。随着水生生物资源的开发和利用，还会不断有新的品种被开发出来。

发展观赏水族养殖，是社会文明进步和文化发展的产物。如今，饲养观赏水族已成为一种全球性的文化休闲时尚，观赏水族成为仅次于猫和犬的第三大宠物。在中国，鱼更是有着特殊的意义，总是和“年年有余”的文化相关联。随着我国经济的快速发展和人们物质生活水平的不断提高，人们对健康文明的生活方式、精神生活的层次有了更高的需求与愿望，越来越多的人开始涉足观赏渔业，观赏渔业已成为发展我国渔业的新领域。

发展观赏渔业，其重要的物质基础是饲料，而饲料的科学配制建立在观赏水族的营养需求基础上，也离不开饲料加工机械和加工技术的支持。然而，与观赏水族养殖业的蓬勃发展相比，观赏水族的营养需求和饲料配制研究则显得相当滞后和薄弱。长期以来，我国渔业部门把食用鱼养殖作为重点，观赏水族则是作为副业，致使国内观赏水族研究起步较晚，对于观赏水族营养需求和饲料配制的研究甚少，在很大程度上制约着我国观赏水族产业的发展。

一、饲料工业概况

饲料工业是随着养殖业的发展而发展起来的，饲料工业包括饲料原料工业和饲料加工工业（配合饲料工业）两大部门。饲料原料工业负责供应饲料加工工业所需要的原料，包括蛋白质饲料、能量饲料和各种添加剂；饲料加工工业负责加工生产商品饲料，是饲料工业的核心，一般所说的饲料工业或饲料厂就是指饲料加工工业。

1. 世界饲料工业概况 随着世界养殖业的发展，世界饲料工业也迅速发展。1975—2005年的30年间，全球工业饲料总产量从2.9亿t增长到了6.26亿t；2008年，全球饲料产量首次突破7亿t，并于2011年和2012年分别突破8亿t、9亿t大关。2013年，全球饲料产量9.63亿t，其中亚洲占36%，欧洲占23%，北美洲占20%，拉丁美洲占15%，非洲占3%；中国、美国、欧盟、巴西的饲料产量约占全球产量的75%；在饲料品种方面，反刍动物饲料1.96亿t，水产饲料0.4亿t，禽饲料4.44亿t，猪饲料2.43亿t，家禽饲料是最大的饲料品种。总体来看，以美国、欧盟为代表的发达国家饲料产量基本保持平稳态势，以巴西、中国、印度为代表的新兴经济体饲料产量保持较快增长趋势。表0-1列出了世界十大饲料生产国的产量。

表 0-1 世界十大饲料生产国的产量

(Alltech Global Feed Survey Results, 2014)

排名	国家	2012 年饲料产量 (万 t)	2013 年饲料产量 (万 t)	增加比例 (%)
1	中国	19 834	18 900	-4.94
2	美国	16 846	16 900	0.32
3	巴西	6 629	6 700	1.06
4	墨西哥	2 854	2 900	1.59
5	西班牙	2 823	2 900	2.66
6	印度	2 684	2 600	-3.23
7	日本	2 522	2 500	-0.88
8	俄罗斯	2 335	2 400	2.71
9	德国	2 225	2 300	3.26
10	法国	2 161	2 100	-2.90
	全球	95 400	96 300	0.93

在主要饲料品种中，水产饲料的增幅较大，这主要得益于中国、东南亚等地水产养殖业的快速发展。中国是世界上最大的水产饲料生产国。2006 年，全球水产饲料产量 2 275 万 t，中国（大陆）的产量为 1 275 万 t，占世界水产饲料的比例达 56.1%；2013 年，全球水产饲料产量约 4 000 万 t，中国（大陆）的产量为 1 864 万 t，占世界水产饲料产量的 46.6%。美国、日本、欧洲等是鱼类营养研究和水产饲料商业化生产最早的国家 and 地区，但由于并不是主要的水产养殖区，故其水产饲料的产量并不大；自 20 世纪 70 年代以来，由于大西洋鲑和鳕养殖的发展，挪威逐渐成为一个重要的鱼类营养研究中心，引领着鱼类营养研究的前沿方向；东南亚是重要的水产养殖区和水产饲料生产区，主要国家有泰国、越南、印度尼西亚等。

2. 我国的饲料工业概况 我国的饲料工业起步于 20 世纪 70 年代，经过 30 多年的发展，已经建成了包括饲料加工业，饲料添加剂工业，饲料原料工业，饲料机械制造工业和饲料科研、教育、标准、检测等较为完备的饲料工业体系，为我国养殖业的发展作出了巨大贡献，也成为重要的工业行业之一和国民经济体系的重要组成部分。1991—2012 年，中国饲料产量年均增长率为 8.5%，其中，2011 年，中国生产饲料 1.81 亿 t，首次超过美国而成为世界第一大饲料生产国。2012 年，中国饲料总产量 1.94 亿 t，其中配合饲料 1.63 亿 t，浓缩饲料 2 450 万 t，预混合饲料 619 万 t；按使用对象分类则为：猪饲料 7 695 万 t，蛋禽饲料 3 222 万 t，肉禽饲料 5 511 万 t，水产饲料 1 883 万 t，反刍动物饲料 775 万 t，其他饲料 317 万 t。

我国饲料工业的发展，先后经历了 5 个阶段。第一阶段是饲料工业概念形成阶段（1965—1976 年），相当于国外配合饲料工业初期水平；第二阶段是饲料工业产业起步阶段（1977—1984 年），虽然饲料产量不大，但增长却十分迅速，如 1978 年的配合饲料产量仅 60 万 t，1984 年则达到了 1 200 万 t；第三阶段是饲料工业产业快速成长阶段（1985—1997 年），在这个阶段，饲料用粮增加，配合饲料产量迅速增加，质量不断改善，结构多样化，至 1997 年，配合饲料产量已达 5 474 万 t；第四阶段是饲料工业产业化调整和稳步增长阶段

(1998—2010年),在这个阶段,饲料产品结构调整明显,产品科技含量逐渐加大,产品质量管理体系不断完善,饲料行业竞争激烈,经济趋于微利,饲料安全问题开始被重视;第五阶段是饲料工业产业强化安全健康、稳步调整与扩张阶段(2011年至今)。目前,饲料行业的安全问题突现,行业环境发生变化,饲料行业进入高成本时代。未来,饲料产业将加快向绿色、环保型发展的进程,产业化进程也将进一步加快,饲料企业的竞争趋于区域化和专业化,并将全面迎来信息革命。

我国水产养殖业的进步,推动了水产饲料工业的稳步增长。我国水产配合饲料的研究始于1958年,当时是将几种原料混合投喂,由于当时水产养殖业尚处于传统生产阶段,配合饲料的研究生产并未得到重视,不久便告中断。1976—1979年,农林部提出将颗粒饲料养鱼作为重点项目并进行推广。我国真正开展水产动物营养和饲料学研究并与进行商业化生产始于20世纪80年代,这是我国水产饲料工业的萌芽期。1991年中国大陆水产饲料产量仅75万t,到2006年达到1275万t,目前我国的水产饲料产量约占世界总产量的45%,居世界第一。我国已逐步建立了较为完整的水产饲料工业体系,一些饲料品种质量达到世界领先水平。表0-2列出了近年来我国的水产养殖产量和水产配合饲料产量。

表 0-2 我国的水产养殖产量和水产配合饲料产量
(中国渔业统计年鉴,中国饲料工业年鉴)

年份	2013	2012	2011	2010	2009	2008
水产品总量(万t)	6 172	5 906	5 603	5 373	5 116	4 895
水产品养殖量(万t)	4 575	4 305	4 023	3 828	3 621	3 413
水产配合饲料产量(万t)	1 864	1 883	1 652	1 474	1 426	1 339

二、我国的观赏水族养殖与饲料产业

1. 我国的观赏水族养殖 我国的观赏水族养殖历史悠久,但真正呈产业化发展却是从20世纪80年代开始,逐渐形成了水产养殖业的一个分支,特别是近年来发展很快,已形成了一个具有巨大发展潜力的新兴产业。在观赏水族中,最主要的是观赏鱼,其种类繁多,依其生活水域的温度,可分为温带观赏鱼和热带观赏鱼;依其盐度,可分为淡水观赏鱼和海水观赏鱼。据不完全统计,我国所饲养的淡水观赏鱼有500余种,其中包括200多种热带鱼,300余种金鱼、锦鲤(并非生物分类意义上的种,而是种内的不同品系)。其他的观赏水族则包括虾类、龟类、两栖类(蛙类、蝾螈等)、水母、珊瑚等。

在温带淡水观赏鱼中,最主要的是金鱼和锦鲤,也包括鳊鲂、太阳鱼等。金鱼是世界观赏鱼史上最早的品种,号称中国的“国鱼”,由野生鲫演化成金鲫,再经过不断的杂交选育而成。金鱼根据其外形特征可分为草种、文种、龙种、蛋种四大类。中国也是世界上最早养殖鲤的国家,但现代锦鲤起源于日本,经过不断选育,已形成许多品种,主要有红白、大正三色、昭和三色等,与金鱼变异的多样性不同,锦鲤的变异主要表现在斑纹和鳞片上。

热带淡水观赏鱼主要有三大系列。一是灯类品种,如红绿灯、头尾灯、蓝三角、红莲灯、黑莲灯等;二是神仙鱼系列,如红七彩、蓝七彩、条纹蓝绿七彩、黑神仙、芝麻神仙、鸳鸯神仙、红眼钻石神仙等;三是龙鱼系列,如银龙、红龙、金龙、黑龙鱼等。这三大系列分属于脂鲤科、慈鲷科和骨舌鱼科。其他热带淡水观赏鱼还包括斗鱼科、鲇科、鳅科等

鱼类。

热带海水观赏鱼主要生活在热带海洋珊瑚礁中，由三十几科组成，较常见的有雀鲷科、蝶鱼科、棘蝶鱼科、粗皮鲷科等鱼类。热带海水观赏鱼颜色鲜艳、体表花纹丰富。

我国的观赏鱼主要是淡水观赏鱼，海水观赏鱼的数量很少，且难于统计，故表 0-3 只列出了近年来我国的淡水观赏鱼产量。从表中可以看出，观赏鱼的年产量波动较大，主要受经济形势和天气、病害等的影响。

表 0-3 我国的观赏鱼（淡水）产量
(中国渔业统计年鉴)

年份	产量（万尾）	年份	产量（万尾）
2015	347 332	2011	358 366
2014	236 219	2010	207 906
2013	368 758	2009	221 902
2012	210 077	2008	329 330

2. 观赏水族营养研究和饲料产业的发展 观赏水族的养殖在传统上认为只能依靠活体饵料，但活体饵料往往不易获得，营养不全面，一旦保存不当容易传播疾病（寄生虫、细菌以及病毒等），这对于家庭观赏水族养殖尤为重要。因此，开发和研制观赏水族全价配合饲料是发展观赏水族养殖的必由之路。总的来看，观赏水族营养与饲料的研究滞后于食用鱼营养与饲料的研究，表现为已研究的品种少，研究内容较为肤浅，多集中在一些大量营养素的研究上，如蛋白质需求量的研究，以及如何改善观赏水族的体色等方面；观赏水族具有与食用鱼不同的饲养目的，因而在营养需求的评价指标和方法上应有所不同，但目前的相关研究多采用食用鱼研究的指标和方法。

20 世纪 80 年代，喂养的大部分观赏水族品种是常温可生存的观赏鱼，喂养模式简单，喂养方式粗放，其饲料也主要取自于天然饵料，如鲜活的红虫、虾、水蚤等。后来，一些地方开始用动植物饲料原料进行配合，并辅以手工或简单的机械加工，制成颗粒饲料。与此同时，有关学者也开始对观赏鱼的营养需求和饲料配方进行研究，但仅限于一些大量营养素需求的初步研究。这个阶段的饲料喂养的观赏鱼，生长慢，成活率不高，这是我国观赏水族饲料发展的初级阶段，属于手工与机械加工相结合的阶段。

20 世纪 90 年代开始，由于热带鱼养殖的兴起，喂养规模的扩大导致对饲料的需求不断增长，先进的饲料设备和配方也从国外引入我国。同时，随着观赏水族饲料技术的提高和对观赏水族生态、生物学研究的深入，发现纯天然饲料存在着成本高、营养不全面和易导致疾病的不良现象，对观赏水族饲料配方的研究和饲料工业化生产工艺的研究开始得到了重视，一些较大规模的观赏水族饲料厂也陆续建立起来。至此，我国观赏水族饲料的研究和生产进入了独立发展的专业化生产阶段。

进入 21 世纪后，观赏水族市场价格和主要饲料原料供应的波动，影响了观赏水族饲料产业的有序发展；对观赏水族饲料质量和价格的要求，使饲料生产企业之间的竞争日趋激烈。饲料企业能否实现生产规范化、产品标准化、价格合理化、服务优质化，已成为企业能否在激烈的市场竞争中生存和发展的关键。同时，有关观赏水族营养与饲料科学研究的范围不断扩大，内容也从蛋白质等大量营养素的需要扩展到体色调控等领域。总体来看，这个阶段

属于结构调整和创新的良性发展阶段。

尽管我国的观赏水族饲料产业已经取得了很大发展，但依然存在很多问题，主要表现为：

基础研究缺乏：从国际上来看，观赏水族营养与饲料的研究滞后于食用鱼营养与饲料的研究，在我国，这方面表现尤为突出。国内从事观赏水族营养与饲料研究的专业队伍不多，有关部门的科技投入很少，一些从事水产饲料生产的大企业，对观赏水族饲料市场潜力和发展前景重视不够，不愿进行相应的投入和研制。目前，对于许多观赏水族的营养需求尚不清楚，市场上的许多观赏水族饲料多为模仿国外同类产品，或是借鉴相同食性的食用鱼的营养参数。

价格居高不下：目前，饲料成本仍是观赏水族喂养成本中最大的部分。造成饲料价格居高不下的原因有以下几点：一是市场上天然原料的价格始终居高不下；二是在成品饲料的基础上添加了多种辅料进行深加工，使成本进一步增加；三是营销环节过多，造成成本增加。

服务不够规范：观赏水族饲料生产和喂养观赏水族应是一种相互促进的依存关系。饲料厂家作为产品的提供者，在提供好产品的同时也应提供其他服务，如市场信息、产业动态、养鱼知识、喂养说明等，然而目前这方面做得还很不够。

此外，国内观赏水族饲料市场还存在着专业厂家品牌产品少、科技含量不高、伪劣质产品多等现象，观赏水族饲料的同质化现象也比较严重。

从长远来看，我国观赏水族饲料产业具有广阔的发展前景：一是我国水产饲料工业基础实力雄厚；二是具有较稳定和雄厚的技术力量；三是观赏水族饲料存在价格优势；四是观赏水族产业发展前景好，为观赏水族饲料的发展提供了空间。

三、观赏水族饲料与宠物饲料、食用鱼饲料的比较

广义上来看，宠物的范围甚广，指人类饲养用以观赏和作为伴侣的所有动物，也称为伴侣动物，包括犬、猫等哺乳动物，也包括观赏鱼虾及鸟类等。狭义上的宠物则指犬、猫等哺乳动物。本书对宠物的理解采用狭义上的范围。观赏水族和宠物（犬、猫等）的生活环境不同，前者生活在淡水或海水中，通常以鳃呼吸（爬行类、两栖类以肺呼吸），后者生活在陆地上，以肺呼吸。宠物的食物称为宠物食品或宠物饲料，观赏水族的食物俗称为观赏水族饲料或饵料。无论宠物饲料或观赏水族饲料，都需要营养全面，完全符合饲养动物的营养需求。目前，我国已制定了专门的宠物饲料（犬粮、猫粮）标准，虽然还没有制定观赏水族饲料标准，但它们与其他饲料在安全卫生方面和物理指标方面的要求基本上是一致的，都要求脂肪不能氧化，不含黄曲霉毒素，不含致病菌，霉菌和细菌数应控制在一定范围内；汞、铅等重金属的含量应在标准许可范围内；在外观上要求不发霉变质，无结块和异味，色泽、大小和规格均匀。在某种程度上而言，宠物饲料或观赏水族饲料应该比畜禽饲料、水产饲料具有更高的标准和要求。

1. 观赏水族饲料与宠物饲料的比较 观赏鱼虾与宠物由于栖息环境不同，生理特点不同，对营养要求各异，因此，配合饲料也各有特点：

（1）原料粉碎粒度 观赏水族饲料原料具有比宠物饲料更细的粉碎粒度，而且鱼虾个体越小，肉食性越强，粉碎粒度越细。

（2）水中稳定性 宠物生活在陆地上，其配合饲料对水中稳定性无要求，鱼虾生活在水

中,配合饲料入水后,应在较长的时间内不溃散,减少溶失率,减少对水体的污染,为此,观赏水族饲料通常需加入黏合剂,或采用后熟化工艺和膨化工艺等。

(3) 饲料形状 与普通畜禽饲料、水产饲料相比,观赏水族饲料和宠物饲料具有更多样的饲料形状,以满足饲养动物和饲养者的需求。如宠物饲料,可以制成圆柱形、小鱼形、骨头形等,观赏水族饲料则有球形、圆柱形、薄片形等。

(4) 营养组分的要求 包括能量、蛋白质、糖类、脂肪、维生素、矿物质等方面,观赏鱼虾和宠物犬猫也存在一定的差异。

能量:鱼虾为变温动物,不需要耗费能量来维持恒定的体温;鱼虾生活在水中,由于水的浮力,只需较少的能量供给肌肉活动和维持在水中的位置;此外,鱼虾多为排氨型动物,即其蛋白质的最终代谢产物是以氨氮形式排出,而宠物为尿素、尿酸型动物,尿素、尿酸的合成需要消耗能量。所以鱼虾的耗能较宠物低。

蛋白质:观赏水族较宠物具有更高的蛋白质需求量,通常观赏水族饲料的蛋白质含量为30%~50%,是宠物饲料的2~3倍(幼犬饲料粗蛋白含量 $\geq 22\%$,成犬饲料粗蛋白含量 $\geq 18\%$)。此外,观赏水族对饲料游离氨基酸不能像宠物一样有效利用。

糖类:观赏水族不能有效地利用糖类,因而,观赏水族饲料中淀粉质类原料(如次粉、小麦、玉米等)的用量一般不超过30%,而在宠物饲料中,此类原料的用量通常都在50%以上。

脂肪:宠物对必需脂肪酸的需求主要是n-6系列脂肪酸,如亚油酸;观赏水族主要需要n-3系列脂肪酸,如亚麻酸等,甲壳类还需饲料提供磷脂和胆固醇。

维生素:观赏水族需要的15种维生素与宠物相同,但各种维生素的重要性和需要量不同。宠物能够自身合成维生素C,而观赏鱼虾不能自身合成或合成的量很少,因而必须在饲料中予以添加;观赏鱼饲料中的蛋白质、脂肪含量较高,所需维生素B₆、维生素E的量也较高。

矿物质:观赏鱼虾能够从水中吸收一部分矿物质,如钙;宠物的矿物质必须全部来源于饲料和饮水。因此,在观赏水族饲料中无需加钙盐(龟类饲料中需要加钙盐),但磷源的供应必须充足有效。宠物饲料中必须添加足够的钙盐,并且要考虑适宜的钙磷比。

2. 观赏水族饲料与食用鱼饲料的比较 观赏鱼虾和食用鱼虾同为水产动物,其生理特点是一致的,但饲养目的不同,饲养环境不同,使得观赏水族饲料具有以下一些不同于普通水产饲料的特点:

在饲养目的上,食用鱼重在生长速度、肉质与饲料效率,而观赏水族重在机体健康与体色艳丽。在饲养环境上,食用鱼通常饲养于大水体的池塘、河流或网箱中,观赏水族一般饲养于家庭的水族箱内。大水体具有一定的物质循环和自净能力,残饵、排泄物对水体的污染相对较小,但在小水体的水族箱内,少量的残饵、排泄物即可造成水质的败坏,严重时甚至影响鱼虾的生存,因此观赏水族饲料的投饲率较低,对原料的选择更严格,要求饲料具有良好的适口性、诱食性,较高的水中稳定性和可消化性。此外,为使观赏水族更加艳丽动人,通常饲料中都含有扬色效果的原料,例如绿藻、螺旋藻、虾蟹类提取物、类胡萝卜素着色剂等;在饲料的形式上,观赏水族饲料更具有多样性,如圆柱形、半球性、球形、片状等形状,以及具有不同的颜色和气味等。

四、本课程的性质、地位和内容

观赏水族营养与饲料学是研究观赏水族营养需求及其所需配合饲料的科学，其研究对象包括各种观赏水产动物，如观赏鱼、虾、蟹、龟等。它所研究的理论基础是观赏水族营养生理、消化生理、生化代谢和营养需求，这是观赏水族饲料研究的基础和前提；其应用研究是配合饲料和饲料添加剂，包括饲料原料的选用和开发、配方设计、加工工艺、加工机械的选用等。观赏水族营养与饲料学的研究，在学术上的目的是要通过机体的生长和体内的化学变化来认识动物的营养生理机能、营养生化变化和营养需要，阐明饲料中的营养物质对动物机体的影响；而其在应用领域中的目的是研制高效、低成本的配合饲料，为提高观赏水族养殖水平服务。

观赏水族营养与饲料学主要讲述观赏水族营养生理、消化生理、营养需求，饲料的营养成分及其生理功用，饲料原料，包括饲料添加剂的种类、特点、选用注意事项及其加工贮存方法，观赏水族着色的理论和实践，饲料配方的设计和营养价值评定方法，饲料生产的加工工艺和加工机械设备等。

观赏水族营养与饲料学是水族科学与技术专业的专业基础课程，同时也适合水产养殖专业、动物科学（动物营养与饲料方向）等专业选修。观赏水族营养与饲料学是一门新兴的边缘学科，其发展与鱼类生理学、动物生物化学、动物营养学、有机化学、分析化学、计算机技术等学科有着密切关系。

（冷向军）

复习思考题

1. 饲料工业包括哪几个部门？一般所说的饲料工业指的是什么？
2. 试述我国水产饲料工业的发展概况。
3. 试述我国观赏水族饲料产业存在的问题及发展前景。
4. 试比较观赏水族饲料与食用鱼饲料的不同。
5. 试述观赏水族与宠物犬、猫营养学特征的异同。
6. 观赏水族营养与饲料学研究的对象和目的是什么？
7. 本课程的性质和在专业中的地位如何？