

BIOLOGY ON AQUACULTURE

水产养殖生物学

刘焕亮 等◎编著



科学出版社

水产养殖生物学

刘焕亮 等 编著

本著作系财政部、教育部《质量工程》“水产养殖学专业
人才培养模式创新实验区”2007072 项目研究成果

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书共分七章：第一章阐述水产业及其养殖业的概念与发展概况，水产养殖生物学的定义、内容及应用；第二至六章，分别叙述鱼类、棘皮动物、虾蟹类和贝类等主要养殖动物，以及海蜇和经济两栖动物、爬行动物的分类地位与主要形态特征及分布、栖息习性和对环境条件的适应，以及摄食、生长和繁殖生物学；第七章阐述海水栽培大型藻类的分类地位、形态特征及分布，繁殖及生活史，栖息习性、生长发育及其对环境条件的适应。

本书可作为从事水产养殖研究及其经营工作的科技工作者的参考书，以及高等院校水产养殖学专业研究生的教材；也可作为水产养殖学专业及相关专业教师和高年级学生的参考书；还可供水产行政管理人员及其他科技工作者参考。

图书在版编目(CIP)数据

水产养殖生物学 / 刘焕亮等编著. —北京：科学出版社，2014. 6

ISBN 978-7-03-041059-7

I. 水… II. ①刘… III. ①水产养殖—生物学—教材 IV. ①S96

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第125139号

责任编辑：李秀伟 侯彩霞 王 静 / 责任校对：李 影
责任印制：赵德静 / 封面设计：北京铭轩堂广告设计有限公司

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码：100717

<http://www.sciencep.com>

北京源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2014年6月第一版 开本：720×1000 1/16

2014年6月第一次印刷 印张：20 3/4

字数：400 000

定价：98.00元

(如有印装质量问题，我社负责调换)

《水产养殖生物学》编著者名单

(以姓氏笔画为序)

王吉桥 大连海洋大学 教授 (大连水产学院 养殖系 原主任)

刘焕亮 大连海洋大学 教授 (大连水产学院 原院长)

张泽宇 大连海洋大学 教授 (大连水产学院 原副院长)

郝振林 大连海洋大学 博士

黄樟翰 中国水产科学研究院 珠江水产研究所 研究员 (所水产学学科
首席科学家)

常亚青 大连海洋大学 教授 (大连海洋大学 水产与生命学院 院长)

前 言

本书共分七章：第一章简述水产业及其养殖业的概念及其发展，以及水产养殖生物学的定义、内容与应用；第二至六章分别叙述鱼类、棘皮动物、虾蟹类和贝类等主要养殖动物，以及海蜇和经济两栖动物、爬行动物生物学原理；第七章阐述海水栽培大型藻类生物学原理。

撰写本书的旨意希望在以下三个方面贡献微薄之力：一是建立水产养殖生物学内容体系，提升水产养殖界学术理论水平；二是推广水产养殖生物学研究成果，推动水产养殖业发展及其科技进步；三是助推水产养殖研究生系统掌握本学科坚实而宽广的专业理论知识。

本书运用辩证唯物主义观点和综合比较方法，理论联系实际，紧密结合养殖生产及其科学研究，以及当前水产养殖专业研究生教育的实际情况，从生物学理论高度系统总结新中国成立以来水产养殖应用基础理论方面的主要研究成果。

本书编著者是水产养殖界长期从事高等教育及其科学研究工作的专家，教育教学工作经验丰富，研究成果卓著，教学水平和学术水平较高，对其编著质量给予了有力的保证。

本书的命名及其内容结构体系实属首次尝试，加上编著者的综合水平有限，难免有不足之处，敬请读者批评指正。

刘焕亮

2013年10月

于大连市黑石礁

目 录

前言

| | |
|---------------------------|----|
| 第一章 绪论 | 1 |
| 第一节 水产业及其养殖业 | 1 |
| 第二节 中国水产业及其养殖业的发展概况 | 2 |
| 一、水产业的发展 | 2 |
| 二、水产养殖业的发展概况 | 3 |
| 第三节 水产养殖生物学 | 5 |
| 第二章 养殖鱼类生物学 | 7 |
| 第一节 养殖种类及其分布 | 7 |
| 一、分类地位及主要形态特征 | 7 |
| 二、自然分布与养殖区域分布 | 29 |
| 第二节 栖息习性和对环境条件的适应 | 32 |
| 一、栖息习性 | 32 |
| 二、对环境条件的适应 | 35 |
| 第三节 摄食生物学 | 39 |
| 一、成鱼摄食生物学 | 39 |
| 二、仔鱼、稚鱼摄食生物学 | 46 |
| 第四节 生长生物学 | 51 |
| 一、养殖鱼类的个体大小 | 51 |
| 二、养殖鱼类生长基本规律 | 52 |
| 三、主要养殖种类的年生长 | 52 |
| 第五节 繁殖生物学 | 53 |
| 一、性成熟年龄与雌雄鉴别 | 53 |
| 二、生殖器官及其细胞的形态结构与发育 | 54 |
| 三、与性腺发育、成熟的相关器官 | 66 |
| 四、产卵生物学 | 72 |
| 五、精子和卵子生物学 | 75 |
| 六、受精生物学 | 77 |
| 七、胚胎发育 | 79 |
| 八、胚后发育 | 86 |

| | |
|----------------------------|-----|
| 第三章 养殖棘皮动物生物学 | 97 |
| 第一节 养殖种类及其分布 | 98 |
| 一、分类地位及主要形态特征 | 98 |
| 二、自然分布及养殖区域分布 | 104 |
| 第二节 栖息习性与对环境条件的适应 | 104 |
| 一、栖息习性 | 104 |
| 二、对环境条件的适应 | 107 |
| 第三节 摄食生物学 | 110 |
| 一、海参类摄食生物学 | 110 |
| 二、海胆类摄食生物学 | 111 |
| 第四节 生长生物学 | 113 |
| 一、海参类生长生物学 | 113 |
| 二、海胆类生长生物学 | 114 |
| 第五节 繁殖生物学 | 116 |
| 一、性成熟年龄与雌雄鉴别 | 116 |
| 二、性腺发育 | 117 |
| 三、繁殖季节 | 120 |
| 四、繁殖习性 & 繁殖力 | 121 |
| 五、胚胎发育与幼体发育 | 122 |
| 第四章 养殖虾蟹类生物学 | 132 |
| 第一节 养殖种类及其分布 | 132 |
| 一、分类地位 | 132 |
| 二、主要形态特征与分布 | 134 |
| 第二节 栖息习性与对环境条件的适应 | 145 |
| 一、栖息习性与运动 | 145 |
| 二、对环境条件的适应 | 146 |
| 第三节 摄食生物学 | 149 |
| 一、摄食方式、影响因素及其对食物的选择性 | 149 |
| 二、食性与饵料组成 | 150 |
| 第四节 生长生物学 | 153 |
| 一、蜕皮 | 153 |
| 二、生长 | 155 |
| 三、自切与再生 | 157 |
| 第五节 繁殖生物学 | 157 |
| 一、副性征 | 157 |
| 二、性腺发育 | 158 |

| | |
|--------------------------|-----|
| 三、性成熟年龄 | 159 |
| 四、交配与产卵 | 160 |
| 五、繁殖方式与卵的附着机制 | 160 |
| 六、胚胎发育 | 162 |
| 七、幼体发育 | 164 |
| 八、生活史 | 166 |
| 第五章 养殖贝类生物学 | 172 |
| 第一节 养殖种类及其分布 | 173 |
| 一、分类地位及主要形态特征 | 173 |
| 二、自然分布与养殖区域分布 | 187 |
| 第二节 栖息习性及对环境条件的适应 | 189 |
| 一、栖息习性 | 189 |
| 二、对环境条件的适应 | 197 |
| 第三节 摄食生物学 | 202 |
| 一、摄食方式 | 202 |
| 二、食性及食物组成 | 204 |
| 第四节 生长生物学 | 205 |
| 一、贝类的个体大小 | 205 |
| 二、生长基本规律 | 206 |
| 三、贝类的寿命 | 208 |
| 第五节 繁殖生物学 | 209 |
| 一、性成熟年龄与雌雄鉴别 | 209 |
| 二、性别转变 | 211 |
| 三、生殖细胞发生与性腺发育 | 212 |
| 四、繁殖方式 | 216 |
| 五、繁殖季节 | 219 |
| 六、产卵习性与繁殖力 | 221 |
| 七、胚胎与幼虫发育 | 223 |
| 八、稚贝发育 | 224 |
| 第六章 其他水产养殖经济动物生物学 | 226 |
| 第一节 养殖海蜇生物学 | 226 |
| 一、养殖种类及其分布 | 226 |
| 二、栖息习性及对环境条件的适应 | 228 |
| 三、摄食与生长生物学 | 232 |
| 四、繁殖生物学 | 233 |
| 第二节 养殖两栖动物生物学 | 241 |

| | |
|-------------------------|------------|
| 一、养殖种类及其分布 | 243 |
| 二、栖息习性及对环境条件的适应 | 247 |
| 三、摄食生物学 | 249 |
| 四、生长生物学 | 250 |
| 五、繁殖生物学 | 251 |
| 六、生活史 | 252 |
| 第三节 养殖爬行动物生物学 | 254 |
| 一、养殖种类及其分布 | 256 |
| 二、栖息习性及对环境条件的适应 | 260 |
| 三、摄食生物学 | 264 |
| 四、年龄、寿命与生长生物学 | 264 |
| 五、繁殖生物学 | 266 |
| 第七章 海水栽培藻类生物学 | 271 |
| 第一节 栽培种类及其分布 | 271 |
| 一、分类地位及主要形态特征 | 271 |
| 二、自然分布及栽培区域分布 | 285 |
| 第二节 繁殖和生活史 | 286 |
| 一、繁殖 | 286 |
| 二、生活史 | 291 |
| 第三节 栖息习性和生长发育及其对环境条件的适应 | 295 |
| 一、栖息习性 | 295 |
| 二、生长发育及其对环境条件的适应 | 296 |

第一章 绪 论

第一节 水产业及其养殖业

水产业又称渔业,包括捕捞业和养殖业。捕捞业是利用各种渔具(拖网等网具、延绳钓、标枪等)、船只及设备(探渔器等)等生产工具,在海洋和淡水自然水域中捕获鱼类、虾蟹类、棘皮动物、贝类和藻类等水生经济动、植物的生产事业。捕捞业的主要组成部分是海洋捕捞。海洋捕捞业是我国捕捞业的主体,它具有距离远、时间性强、鱼汛集中、产品易腐烂变质及不易保鲜等特点,故需要有作业船、冷藏保鲜加工船、加油船、运输船等相互配合,形成捕捞、加工、生产及生活供应、运输综合配套的海上生产体系。

水产养殖业包括海水养殖和淡水养殖,是集生物学与化学等理学、土建与机械及仪器仪表等工学、医学、农学及管理学等五大学科门类的现代化科学技术,综合利用海水与淡水养殖水域,采取改良生态环境、清除敌害生物、人工繁育与放养苗种、施肥培养天然饵料、投喂人工饲料、调控水质、防治病害、设置各种设施与繁殖保护等系列科学管理措施,促进养殖对象正常、快速生长发育及大幅度增加数量,最终获得鱼类、棘皮动物、虾蟹类、贝类、藻类,以及腔肠动物、两栖类与爬行类等水产品的生产事业,并保持其持续、快速和健康的发展。

水产养殖业是水产业(渔业)的主要组成部分,也是农业的重要组成部分。21世纪的农业将由传统的淀粉农业逐步转变为淀粉与蛋白质并重的现代农业,特别是随着人类食物营养结构的优化及蛋白质比例的不断提高,动物性蛋白质在农业产品中的比例必然会不断增大。水产养殖业的产品是人类食品的优质蛋白质,又是一项快速、高效增加水产资源的重要途径。因此,水产养殖业是新世纪具有重大发展潜力的第一产业。

水产养殖业的经营方式概括分为粗放型、精养型和集约型。

(1)粗放型经营方式,包括淡水湖泊渔业开发、水库渔业开发和海水港湾养殖。其主要特点是水域较大,养殖生态环境条件不易控制,苗种的放养密度稀,一般不施肥、不投饵,人工放养对象主要依靠天然肥力与饵料生物进行生长发育,人工调控程度较低,管理措施较粗放,因此,单位水体产量与经营效益较低。

(2)精养型经营方式,其代表类型是我国传统池塘养殖模式,即静水土池塘高产高效养殖方式。水域面积或体积较小,养殖生态环境条件较好且易控制,苗种放养密度大,人工施肥与投饵,养殖对象主要依靠人工肥力与饲料进行生长发育,人工调控程度较高,管理措施较精细,单位水体产量与经营效益较高。

(3)集约型经营方式,包括围栏养殖、网箱养殖和工厂化养殖。前者的生态环境条件好,即围栏和网箱内的水体与外界相通,人工投饵,放养密度大,产量高;后者在室内进行养殖生产,水体流动、循环使用,节约用水并不污染水域环境,占地面积少,养殖优质水产动物,单位水体放养量大,鱼产量高,养殖周期短,设施及技术措施的现代化和自动化程度高,生产方式工厂化,人工调控程度高,管理措施精细,是一种高投入与高产值的生产方式。

水产养殖业与农业的性质相似,同属于第一产业,但由于它是在水域中进行养殖生产活动,养殖的对象又具有独特的生物学特性,而且其生产方式与方法以及关键技术与难度等,都与种植业和畜牧业有很大不同,因此,具有鲜明的特色。水产养殖业与农业、林业,以及机械、电子、建筑、饲料等工业发生密切联系;与国民经济其他行业相比,其投资较少,周期较短,见效较快,效益和潜力都较大。

第二节 中国水产业及其养殖业的发展概况

近 20 多年来,世界渔业和中国渔业均呈现出持续、稳定、高速的发展趋势。世界水产品总产量由 1991 年的 9737.6 万 t 增加为 2011 年的 15 400 万 t,年均增长量达 283.12 万 t;其中,捕捞产量由 8254.9 万 t 增加到 9040 万 t,养殖产量由 1482.8 万 t 增加到 6360 万 t。我国水产品总产量由 1991 年的 1572.99 万 t 增加到 2011 年的 5603.21 万 t,年均增长量达 201.51 万 t;其中,捕捞产量由 777.09 万 t 增加到 1579.95 万 t,养殖产量由 795.9 万 t 增加到 4023.26 万 t。2011 年,中国水产品总产量占世界产量的 36.38%,养殖产量占世界养殖产量的 63.26%。

一、水产业的发展

自中华人民共和国成立以来,水产业得到长足发展,渔业产量逐年增长,但由于多种原因,各个历史时期发展很不平衡,可概括分为恢复发展阶段、波浪式缓慢发展阶段和持续快速发展阶段等三个发展时期(表 1-1)。

表 1-1 1949~2012 年我国渔业产量变化情况统计分析

| 年度 | 总产量 | | | 捕捞量 | | | | 养殖产量 | | | |
|------|------------|-------------|-----------|------------|------------|-------------|-----------|---------|------------|-------------|-----------|
| | 产量 /万 t | 年均增长 | | 产量 /万 t | 占总产 量/% | 年均增长 | | 产量/万 t | 占总产 量/% | 年均增长 | |
| | | 增长量 /万 t | 增长率 /% | | | 增长量 /万 t | 增长率 /% | | | 增长量 /万 t | 增长率 /% |
| 1949 | 52.40 | | | 41.40 | | | | 11.00 | | | |
| 1957 | 346.89 | 36.81 | 29.06 | 269.04 | 81.06 | 27.14 | 25.47 | 77.85 | 18.94 | 8.36 | 18.82 |
| 1958 | 310.76 | | | 240.67 | | | | 70.09 | | | |
| 1981 | 529.04 | 7.92 | 2.18 | 347.46 | 75.85 | 3.27 | 1.46 | 181.58 | 24.15 | 4.32 | 4.64 |
| 1982 | 590.24 | | | 382.95 | 46.25 | | | 207.29 | 53.75 | | |
| 2012 | 5907.68 | 200.74 | 9.71 | 1619.32 | (27.41) | 59.04 | 6.79 | 4288.36 | (72.59) | 141.64 | 12.86 |

恢复发展阶段(1949~1957年): 历经 9 年, 水产业的起点低, 基础较薄弱, 总产量的基数少, 发展速度较快, 水产品总量的年均增长量为 36.81 万 t, 年均增长率高达 29.06%。捕捞业发展速度较快, 年产量占水产品总量的 81.06%, 年均增长量为 27.14 万 t。养殖业发展速度较慢, 养殖产量占总产量的 18.94%, 年均增长量为 8.36 万 t。

波浪式缓慢发展阶段(1958~1981年): 历经 24 年之久, 其突出特点是发展速度缓慢, 年均增长量低(7.92 万 t) 且不稳定(呈波浪式), 年均增长率仅为 2.18%。捕捞产量在总产量中仍占很大比例(75.85%), 但年均增长量较低(3.27 万 t)。养殖业的发展速度快于捕捞业, 年均增长量为 4.32 万 t, 养殖产量在总产量中的比例有所增大(24.15%)。

持续高速发展阶段(1982~2012年): 历经 31 年之久, 水产业发展的突出特点: ①持续高速, 年均增长量高达 200.74 万 t, 年均增长率达 9.71%, 2012 年产量达 5907.68 万 t, 占总产量 72.59%。②总产量的结构发生明显变化, 捕捞产量在总产量中的比例逐年下降, 年均比例为 46.25%, 2012 年产量为 1619.32 万 t, 占 27.41%; 养殖业发展速度很快, 养殖产量在总产量中的比例逐年大幅上升, 年均增长量高达 141.64 万 t, 自 1988 年以来持续 25 年超过捕捞产量, 2012 年产量达 4288.36 万 t, 占总产量 72.59%。

二、水产养殖业的发展概况

自新中国成立以来, 水产养殖业的发展历程也明显分为三个阶段(表 1-2)。

表 1-2 1949~2012 年海、淡水养殖产量变化情况统计分析

| 年度 | 海水养殖 | | | | 淡水养殖 | | | |
|------|---------|---------|---------|-------|---------|---------|---------|-------|
| | 产量/万 t | 占养殖总产/% | 年均增长 | | 产量/万 t | 占养殖总产/% | 年均增长 | |
| | | | 增长量/万 t | 增长率/% | | | 增长量/万 t | 增长率/% |
| 1949 | 1.00 | | | | 10.00 | | | |
| 1957 | 21.37 | 31.24 | 2.26 | 23.94 | 56.48 | 68.76 | 5.16 | 29.21 |
| 1958 | 14.70 | | | | 55.39 | | | |
| 1981 | 80.17 | 35.73 | 2.44 | 7.12 | 101.41 | 64.27 | 1.87 | 5.29 |
| 1982 | 86.57 | 40.26 | | | 120.72 | 59.77 | | |
| 2012 | 1643.81 | (38.33) | 58.83 | 12.99 | 2644.54 | (61.67) | 82.82 | 12.95 |

恢复发展阶段(1949~1957): 养殖业的发展速度较快, 海水养殖产量在养殖总产量中所占比例较低; 海、淡水养殖种类皆较少。

海水养殖产量由 1 万 t 增长为 21.37 万 t, 占养殖总产量的 31.24%, 年均增长量为 2.26 万 t, 年均增长率为 23.94%; 海水养殖面积由 1.67 万 hm^2 扩大为近 10 万 hm^2 ; 养殖种类较少(10 多种), 主要为牡蛎等少数滩涂贝类和海带等 2 种

藻类。淡水养殖产量由 10 万 t 增长为 56.48 万 t, 占养殖总产量的 68.76%, 年均增长量为 5.16 万 t, 年均增长率为 29.21%; 淡水养殖面积由不足 20 万 hm^2 增长为 105.59 万 hm^2 ; 养殖种类限于鲢、鳙、草鱼、青鱼、鲈、鲤等少数几种鲤科鱼类和鲑科的虹鳟。

波浪式缓慢发展阶段(1958~1981 年): 该阶段养殖业的发展速度较缓慢, 而且年产量不够稳定且呈波浪式, 在 24 年中有 7 年为负增长, 年均增长率低, 海水养殖增长速度略快于淡水养殖, 淡水养殖产量在养殖总产量中的比例略有下降, 但仍然占较大比重, 海水养殖种类的增加多于淡水养殖。

海水养殖产量由 14.70 万 t 增长为 80.17 万 t, 占养殖总产量 35.73%, 年均增长量为 2.44 万 t, 年均增长率为 7.12%; 海水养殖面积由 10 万 hm^2 左右扩大为 13.81 万 hm^2 ; 养殖种类由 10 余种增加到近 30 种, 除牡蛎、海带外, 尚有贻贝、缢蛏、花蛤、栉孔扇贝、紫菜、裙带菜、石花菜、中国对虾、锯缘青蟹, 开始港湾养殖鲷、梭鱼和网箱养殖鲟、黑鲟等少数珍贵鱼类。淡水养殖产量由 55.39 万 t 增长为 101.41 万 t, 占养殖总产量 64.27%, 年均增长量为 1.87 万 t, 年均增长率为 5.29%; 淡水养殖面积由 105.59 万 hm^2 扩大为 288.17 万 hm^2 , 养殖区域由长江与珠江流域扩展到华北、东北、西北地区; 研究成功鲢、鳙等家鱼人工繁殖技术, 总结出“水、种、饵、密、混、轮、防、管”八字养鱼经验, 养殖种类增多, 除上述传统养殖种类外, 尚移植开发和引进几种新种类, 如团头鲂、细鳞斜颌鲟、虹鳟和罗非鱼等。

持续快速发展阶段(1982~2012 年): 该阶段养殖业的突出特点是持续飞跃式发展, 在 30 年中有 20 年的增长量超过 100 万 t, 其中 10 年超过 200 万 t; 淡水养殖的增长速度快于海水养殖; 养殖种类迅速增加, 名优种类逐年增多, 养殖方式多样化并向集约化方向发展。

海水养殖产量由 1982 年的 86.57 万 t 增长为 2012 年的 1643.81 万 t, 平均占养殖总产量的 38.33%。其中, 贝类产量为 1208.44 万 t, 占海水养殖总产量的 73.51%; 甲壳类产量为 124.96 万 t, 占海水养殖产量的 7.60%; 藻类产量 176.47 万 t, 占海水养殖产量的 10.74%; 鱼类产量则较低(102.84 万 t), 仅占海水养殖产量的 6.26%(花鲈 12.58 万 t、鲆类 11.36 万 t、大黄鱼 9.51 万 t)。海水养殖面积由 1981 年的 13.81 万 hm^2 增加到 2012 年的 218.09 万 hm^2 。海水养殖种类增至 40 余种, 除贝类、藻类与虾类外, 尚增加 10 余种名贵鱼类。在养殖方式上, 除池塘、港湾与网箱养鱼外, 尚兴起工厂化养殖牙鲆、大菱鲆、河鲀、大黄鱼、石斑鱼等集约型养殖方式。鱼、虾和鲍、海参、扇贝等海珍品, 在海水养殖产量中的比重逐年增大。

淡水养殖产量由 1982 年的 120.72 万 t 增长为 2012 年的 2644.54 万 t, 年均占养殖总产量的 61.67%。鱼类养殖产量高达 2334.11 万 t, 占淡水养殖总产量(2644.54 万 t) 的 88.26%(池塘养鱼产量占淡水养鱼产量的 77.14%), 虾蟹类、爬行类与其他的养

殖产量仅占 11.59%；养殖产量占前三位的为：草鱼 478.17 万 t、鲢 368.78 万 t 和鲤 289.70 万 t。淡水养殖面积由 1981 年的 288.17 万 hm^2 增长到 2012 年的 590.75 万 hm^2 。淡水养殖种类增加至 50 余种，鳊、鳊鲃、尼罗罗非鱼、加州鲈、鲇等肉食性鱼类和中华绒螯蟹、中华鳖等名优水产品占淡水养殖产量的比重逐年增大。养殖方式向多样化和集约化方向发展，除池塘、湖泊、河道、水库等传统型养殖方式外，尚开展网箱、围栏、工厂化等集约化养殖。

近几年来，我国的海水养殖业发展较快，根据世界海水养殖主要类别（藻类、贝类、虾蟹类、鱼类）发展的先后顺序（趋势），今后海水鱼类养殖业必将得到迅速发展。

第三节 水产养殖生物学

水产养殖生物学以养殖群体为研究对象，包括鱼类、棘皮动物、虾蟹类、贝类、海水大型藻类，以及经济腔肠动物、两栖动物和爬行动物；研究内容包括：各养殖群体主要种类的形态特征，栖息习性及对环境条件适应，摄食、生长和繁殖生物学。

水产养殖生物学内容(理论)体系：养殖种类(自然种、杂交种和品种)的分类地位及主要形态特征，以及自然分布与养殖区域分布；栖息水域类型(海水、淡水、半咸水)、栖息水层与场所(静水、流水等)、活动特性、洄游与定栖、肥育与越冬场所等栖息习性；对水温、溶解氧、盐度、pH、水质肥度和底质等生态环境条件的适应；摄食方式、摄食器官形态结构、对食物选择性、摄食量及食物组成等摄食生物学；个体大小、生长基本规律(再生)、年生长以及影响生长主要因素等生长生物学；性成熟年龄与雌雄鉴别、生殖器官及其细胞形态结构与发育、与性腺发育成熟相关器官、产卵生物学、精子和卵子生物学、受精生物学、胚胎发育和生活史等繁殖生物学。

水产养殖生物学是一门应用基础理论科学，按照由高到低的分类顺序和传统生物学内容体系，运用综合比较方法，理论联系实际，紧密结合养殖生产及其科学研究，以及水产养殖高级专门人才应当掌握的专业基础理论，从生物学理论高度系统总结新中国成立以来水产养殖生物学的科研成果。

水产养殖生物学应用于养殖生产诸环节，有利于选择和优化养殖种类，科学繁育和培养苗种，促进养殖对象生长发育，提高生产效率；应用于研究生教育，有利于学生掌握坚实宽广的基础理论和独立从事创造性科学研究工作的能力。

目前，我国水产养殖学科(专业)研究生的本科学历呈多元性，非水产养殖学专业的占有一定比例或较大比例。水产养殖生物学有利于非水产养殖学专业的本科毕业生，在较短时间内掌握水产养殖学专业基本内容，较准确地确定学位论文

题目,顺利开展有关学科实验研究工作;有利于水产养殖学专业本科毕业生,从理性高度上考虑学位论文的范围、深度及其研究内容,准确地确定学位论文命题,很好把握研究工作的广度与深度。

(刘焕亮)

参 考 文 献

- 陈爱平. 1996a. “八五”水产科技成果介绍(一). 中国水产, (6): 39~40
- 陈爱平. 1996b. “八五”水产科技成果介绍(二). 中国水产, (7): 38~40
- 邓景耀, 赵传纲. 1991. 海洋渔业生物学. 北京: 农业出版社: 1~18
- 第九届全国人民代表大会常务委员会第十八次会议. 2000. 中华人民共和国渔业法. 中国水产, (11): 6~9
- 丁晓明. 1989. 我国淡水养殖 40 年成就. 中国水产, (6): 7~9
- 冯瑞峰. 1998. “八五”水产科研重要进展. 农业部渔业局
- 宫明山, 涂逢俊. 1991. 当代中国的水产业. 北京: 当代中国出版社
- 关锐捷. 1989. 水产业 40 年发展综述. 中国水产, (12): 10~11
- 关歆, 姚国成. 2013. 世界农业. 世界渔业总产量发展分析, (1): 60~63
- 国家自然科学基金委员会. 1997. 水产学. 北京: 科学出版社
- 贾建三. 1993. 中国水产科学研究报告集. 农业部水产司
- 刘焕亮, 黄樟翰. 2008. 中国水产养殖学. 北京: 科学出版社: 1~26
- 农业部渔业局. 1993. 国家“七五”重点科技(攻关)项目——中国水产科学研究报告集
- 农业部渔业局. 1998a. 国家重点科技(攻关)项目——“八五”水产科研重要进展
- 农业部渔业局. 1998b. 历年全国水产品产量新旧标准统计对照表. 中国水产, (9): 6
- 农业部渔业局. 2002. “九五”科技攻关计划渔业重点项目——研究成果报告集
- 农业部渔业局. 2013. 中国渔业统计年鉴. 北京: 中国农业出版社
- 孙喜模. 1989. 海水养殖 40 年发展成就. 中国水产, (11): 6~8
- 肖亚. 1996. “八五”渔业科技项目执行情况综述. 中国水产, (8): 39~40
- 中共中央国务院. 1985. 关于放宽政策, 加速发展水产业的指示. 中国水产, (4): 2~5
- 中共中央文献研究室. 1982a. 中国共产党第十一届中央委员会第三次全体会议公报. 三中全会以来重要文献选编(上). 北京: 人民出版社: 1~15
- 中共中央文献研究室. 1982b. 中国共产党中央委员会关于建国以来党的若干历史问题的决议. 三中全会以来重要文献选编(下). 北京: 人民出版社: 788~846
- 中华人民共和国农业部渔业局. 1998. 历年全国水产品产量新旧标准统计对照表. 中国水产, (9): 60
- 中华人民共和国农业部渔业局. 1998~2012. 中国渔业统计年鉴

第二章 养殖鱼类生物学

鱼类养殖业是水产养殖业的第一重要组成部分。2012年,我国鱼类养殖产量达2436.93万t,占养殖总产量的56.82%;在养殖鱼类产量中,淡水鱼类(2334.11万t)占95.78%,海水鱼类(102.82万t)仅占4.22%。在淡水养殖产量中,鱼类占88.41%;在海水养殖产量中,鱼类只占6.26%。

鱼类肉味鲜美、营养丰富、价值高,是人类喜欢且经常食用的优质食品。鱼产品富含人类生长发育所需要的主要营养物质(蛋白质等),优于禽畜食品,是优质食物蛋白源,而且其蛋白质更易消化吸收。鱼产品的必需氨基酸含量及其组成都优于禽畜食品,而且符合人类膳食蛋白质的模式(人体消化吸收的最适必需氨基酸比值),是人类理想的完全蛋白质(含有人类所需的各种必需氨基酸);而且其赖氨酸、精氨酸、谷氨酸、天门冬氨酸、丙氨酸、甘氨酸等呈味氨基酸的含量高于牛肉、羊肉和猪肉。

鱼产品富含人类所需要的必需脂肪酸,即多不饱和脂肪酸或高度不饱和脂肪酸(HPUFA)的含量较高,占总脂肪量的20%~50%(畜类肌肉则低于11%);特别是二十碳五烯酸($C_{20:5n-3}$, EPA)和二十二碳六烯酸($C_{22:6n-3}$, DHA)的含量很高,分别为2.7%~20.4%和1.3%~33.7%(禽畜类肌肉则几乎不含)。这对人类的生长发育尤为重要,因为EPA和DHA在人体内可转化为亚油酸($C_{18:2n-6}$)、亚麻酸($C_{18:3n-3}$)和花生四烯酸($C_{20:4n-6}$)等必需脂肪酸。因此,它不仅是优质食物,还是保健营养品。EPA和DHA具有很强的生理活性,能够抗血栓,防止血小板聚合,增加高密度蛋白质胆固醇,降低低密度蛋白质胆固醇,从而降低血液黏度,使血压下降。所以,EPA和DHA可用于预防与治疗心肌梗死、冠心病、脉管炎、脑动脉硬化等多种疾病。同时,DHA能促进脑细胞的生长发育,经常吃鱼类食品,可有效活化人体大脑神经细胞,改善大脑机能。

另外,鱼类肌肉的胆固醇含量较低,是优良的健康食品。

养殖鱼类生物学是制定养殖技术的依据,也是发展鱼类养殖业的重要理论基础;其主要内容包括:养殖种类与分布、栖息习性、对环境条件的适应、摄食、生长、繁殖生物学特征。

第一节 养殖种类及其分布

一、分类地位及主要形态特征

鱼类(pisces)是脊椎动物(vertebrata)的一大类群。目前,我国淡、海水养殖的

硬骨鱼类(Osteichthyes)近 90 种,其中淡水养殖种类 50 多种,海水养殖种类近 40 种,分别隶属于 13 个目。

1. 鲟形目(Acipenseriformes)

鲟形目鱼类的内骨骼为软骨无椎体,尾鳍为歪型尾,无前鳃盖骨和间鳃盖骨,吻长,口腹位,有动脉圆锥,肠具螺旋瓣。目前,我国养殖 6 种鲟类,其中隶属鲟科(Acipenseridae; 体被硬鳞或骨板 5 行,背部一行,体侧和腹侧各 2 行,吻须 2 对)的 5 种,即施氏鲟和中华鲟为我国土著种类,俄罗斯鲟(*Acipenser gueldenstaedti* Brandt)、西伯利亚鲟(*Acipenser baeri* Brandt)和小体鲟(*Acipenser ruthenus* L.)引自俄罗斯和德国;隶属白鲟科(Polyodontidae; 体无鳞、完全裸露,吻须 1 对)的仅 1 种,即匙吻鲟,引自美国。

(1)施氏鲟【*Acipenser schrenki* Brandt】(图 2-1) 吻端至口部中线上约有 7 个瓣状突出物,故称七粒浮子,背部硬鳞棘发达且第一硬鳞大,鳃耙数 31~48。

(2)中华鲟【*Acipenser sinensis* Gray】(图 2-2) 头背部硬鳞光滑,头部皮肤布有梅花状的感觉器——陷器,鳃耙数 25。

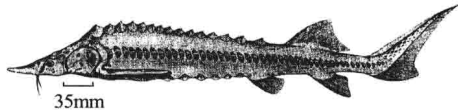


图 2-1 施氏鲟(伍献文等, 1963)



图 2-2 中华鲟(伍献文等, 1963)

(3)匙吻鲟【*Polyodon spathula* Walb】(图 2-3) 吻长且呈桨状,为全长的 1/3,吻须 2 条(3~4mm),体表无鳞,口下位;1994 年引自美国。

2. 鼠鱧目(Gonorhynchiformes)

鼠鱧目遮目鱼亚目(Chanidei; 各鳍均无鳍棘,背鳍 1 个,偶鳍基部有腋鳞,腹鳍腹位,圆鳞)遮目鱼科(Chanidae)仅遮目鱼(*Chanos chanos* Forskål)(图 2-4)一种,体侧扁,圆鳞,口小,无齿,尾为正尾且叉深。我国台湾省、福建省养殖遮目鱼历史悠久。

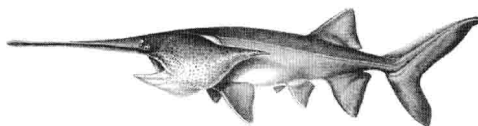


图 2-3 匙吻鲟

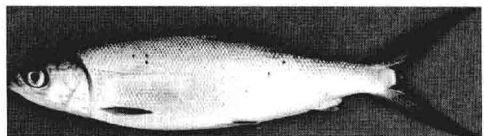


图 2-4 遮目鱼(中国科学院动物研究所等, 1962)