

鱼类

生态学

—SHENG TAI XUE

叶富良 张健东 编著



广东高等教育出版社

鱼类生态学

叶富良 张健东 编著

广东高等教育出版社
·广州·

内容简介

本书系统介绍鱼类与非生物环境的关系, 鱼类的年龄、生长、摄食、繁殖、行为生态、种群, 种群的数量变动、群落、水域生态系统, 鱼类资源的保护与科学管理等内容, 深入浅出地阐述鱼类生态学的基础理论和研究方法。本书以反映国内鱼类生态学研究成果为主, 适当介绍国外鱼类生态学的研究成果, 内容丰富而新颖, 书末附有实验指导。本书适用于水产、海洋院校的水产养殖、海洋生物、水生生物和鱼类资源等本科专业的教学用书, 也可作为有关专业的研究生、生物学系师生和水产科技人员的参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

鱼类生态学/叶富良, 张健东编著. —广州: 广东高等教育出版社, 2002.2

广东省普通高等院校“九五”规划重点教材

ISBN 7-5361-2623-9

I. 鱼… II. ①叶…②张… III. 鱼类学: 动物生态学—高等学校—教材 IV. S931.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 055018 号

广东高等教育出版社出版发行

各地新华书店经销

广东省茂名广发印刷有限公司印刷

787 毫米 × 1092 毫米 16 开本 17 印张 410 千字

2002 年 2 月第 1 版 2002 年 2 月第 1 次印刷

印数: 1~3000 册

定价: 25.00 元

前 言

鱼类生态学作为动物生态学的一门新兴分支学科,在我国是20世纪50年代后逐渐形成的。为了适应培养新一代渔业科技人才的需要,80年代初,国内各水产院校开始设立《鱼类生态学》课程,主要介绍鱼类的年龄、生长、摄食、繁殖、洄游等个体生态学的内容。当前,对鱼类的种群、群落和生态学的研究十分活跃,已初步建立起相应的理论体系和研究方法,为了及时向学生讲授这方面的研究成果,需要编写一本内容较为全面、新颖、适合本科生使用的《鱼类生态学》教材。编者的想法得到广东省教育厅的关心和支持,本书被列入“广东省普通高等学校教材建设‘九·五’规划”。

本书的资料选择,以反映我国鱼类生态学研究的有代表性的成果为主,适当反映国外的先进水平。在内容编排上,根据本人的教学实践和科研实践,把鱼类与声、光、电关系和洄游编入“鱼类行为生态”(第五章);扩充鱼类种群生态和群落生态内容;作为应用生态学研究,增加“鱼类资源的保护与科学管理”(第十章);书末附有实验指导,力求全书内容充实和完善。我的学生与同事张健东编写第6~9章和实验指导。全书按70学时编写,实际使用时,可按不同专业和学时数对所编内容进行选择。

本书承蒙上海水产大学苏锦祥教授和华南师范大学陈湘磷教授审阅全稿。在本书编写和出版过程中,我院施钢、叶宁绘制插图,罗晓霞打印稿件,特在此对他们的辛勤劳动表示衷心感谢。

限于编著的学识水平,书中的错漏和不妥之处在所难免,敬祈广大读者批评指正。

湛江海洋大学水产学院

叶富良

2002年1月1日

目 录

绪论	(1)
第一节 生态学的发展	(1)
第二节 鱼类生态学的定义、产生和发展	(3)
一、鱼类生态学的定义	(3)
二、鱼类生态学的产生和发展	(3)
三、鱼类生态学在我国的发展概况	(4)
第三节 鱼类生态学的研究对象和方法	(7)
一、研究对象	(7)
二、研究方法	(8)
三、鱼类生态学与其他学科的关系	(9)
第一章 鱼类与非生物环境的关系	(10)
第一节 水的密度和压力	(10)
第二节 水 温	(11)
一、水温与鱼类摄食	(11)
二、水温与鱼类生长	(12)
三、水温与鱼类繁殖	(12)
四、鱼类对水温变化的忍受极限	(14)
第三节 溶 氧	(15)
一、水中溶氧的变化特点	(16)
二、溶氧与鱼类呼吸	(16)
三、耗氧量与耗氧率	(18)
四、溶氧与窒息	(20)
第四节 水中 CO ₂ 和其他气体	(21)
第五节 盐 度	(22)
一、盐度影响鱼类的渗透压	(22)
二、盐度对生长的影响	(22)
三、鱼类对盐度变化的适应	(23)
第六节 酸碱度	(24)
一、酸碱度对鱼类生活的影响	(24)

二、鱼类对酸碱度变化的适应	(25)
第七节 光、声、电与鱼类的关系	(25)
一、光	(25)
二、声	(26)
三、电	(27)
第八节 水域污染对鱼类生活的影响	(28)
一、污染对鱼类的毒杀作用	(28)
二、污染导致鱼类质量低劣, 降低食用价值	(29)
第二章 鱼类的年龄和生长	(30)
第一节 鱼类年龄的鉴定	(30)
一、鳞片上年轮的形成和标志	(30)
二、骨骼和耳石上的年轮标志	(35)
三、年轮形成的周期和时间	(36)
四、鱼类年龄的计算	(38)
五、鱼类的寿命	(38)
第二节 鱼类的生长	(39)
一、鱼类生活史及其发育期的划分	(39)
二、鱼类的生长特性	(40)
三、影响鱼类生长的因子	(42)
四、鱼类生长速度的测定方法	(43)
五、鱼类体长和体重的关系	(46)
六、生长率和生长指标	(47)
七、生长方程	(49)
第三节 鱼类耳石日轮与生长	(53)
第四节 研究鱼类的年龄和生长在渔业上的意义	(55)
第三章 鱼类的摄食	(56)
第一节 鱼类的食性类型	(56)
一、草食性	(56)
二、肉食性	(56)
三、杂食性	(57)
第二节 食物的选择性和食物组成的变化	(57)
一、鱼类对食物的选择性	(57)
二、最适索饵理论	(59)
三、鱼类食物组成的变化	(61)
第三节 摄食强度和摄食节律	(64)
一、鱼类的摄食强度	(64)
二、鱼类的摄食节律	(68)

第四节 鱼类摄取食物能量的分配流程	(69)
一、能量流动公式	(69)
二、能量收支各成分的测定和分析	(70)
三、影响代谢率的非生物因子	(72)
第五节 仔鱼的生活方式和摄食	(73)
一、仔鱼的生活方式	(73)
二、仔鱼的摄食效率	(74)
三、饥饿和“不可逆点”	(76)
四、临界期概念	(78)
第六节 研究鱼类摄食的意义	(79)
第四章 鱼类的繁殖	(80)
第一节 鱼类的性腺发育和性成熟	(80)
一、性腺发育	(80)
二、性腺发育与环境因子	(82)
三、性转换、雌雄同体和全雌种群	(84)
四、鱼类的性成熟	(85)
第二节 鱼类的繁殖力	(87)
一、绝对繁殖力和相对繁殖力	(87)
二、繁殖力的变动	(88)
三、物种繁殖力指数	(90)
第三节 生殖群体	(90)
一、雌雄区别	(90)
二、雌雄性比	(92)
三、生殖群体的组成	(92)
第四节 繁殖习性	(94)
一、生殖方式	(94)
二、卵的特性	(95)
三、卵的受精	(97)
四、卵的发育	(98)
五、产卵类型和产卵场	(100)
六、生殖季节	(102)
七、护幼习性	(103)
第五节 研究鱼类繁殖在渔业上的意义	(104)
第五章 鱼类的行为生态	(105)
第一节 鱼类的嗅觉、味觉与行为	(106)
一、索饵行为	(106)
二、生殖行为	(107)

三、惊恐物质与忌避物质·····	(108)
四、引诱物质·····	(109)
第二节 鱼类的趋光性、趋音性和趋电性·····	(109)
一、趋光性·····	(109)
二、趋音性·····	(111)
三、趋电性·····	(113)
第三节 鱼类的社会行为·····	(115)
一、集群和鱼群·····	(115)
二、社会性等级·····	(116)
三、领域性·····	(116)
第四节 洄游·····	(118)
一、洄游的类型·····	(118)
二、洄游鱼类的类别·····	(119)
三、洄游的起因·····	(121)
四、研究鱼类洄游的方法·····	(123)
第六章 鱼类种群 ·····	(125)
第一节 种群基本概念和鉴定方法·····	(125)
一、种群的基本概念·····	(125)
二、种群的鉴别方法·····	(126)
第二节 鱼类种群结构及其变化规律·····	(131)
一、各种鱼的种群最大年龄和平均年龄·····	(131)
二、种群年龄结构及其适应特点·····	(131)
三、鱼类种群的性比及种群性结构的调节机制·····	(134)
四、种群个体形态异质性·····	(135)
第七章 鱼类种群的数量变动 ·····	(137)
第一节 种群死亡率的估算·····	(138)
一、自然死亡和捕捞死亡·····	(138)
二、死亡率的估算·····	(140)
三、鱼类早期发育阶段的存活·····	(148)
第二节 种群的增长·····	(150)
一、与密度无关的种群增长模型·····	(151)
二、与密度有关的种群增长模型·····	(154)
第三节 种群丰度估算·····	(159)
一、计数法·····	(159)
二、标志重捕法·····	(160)
三、单位捕捞努力量渔获量法·····	(161)
四、有效种群分析法·····	(162)

五、卵丰度调查法	(163)
第四节 鱼类种群数量变动的动态描述	(164)
一、生命表制作	(164)
二、Leslie 矩阵模式	(166)
第五节 种群数量变动与相对稳定性	(168)
一、密度制约的与非密度制约的因素	(169)
二、种群的生态对策	(173)
第八章 群 落	(179)
第一节 群落简介	(179)
一、群落的基本概念和特征	(179)
二、群落的分类和命名	(180)
三、群落演替	(181)
第二节 鱼类种群间关系	(182)
一、竞 争	(182)
二、捕 食	(186)
三、寄 生	(190)
四、共 生	(191)
第三节 鱼类群聚和物种多样性	(191)
一、鱼类群聚结构的特征	(192)
二、鱼类物种多样性的一般变化特点	(195)
三、影响鱼类物种多样性的因素	(195)
第四节 鱼类与其他生物的关系	(198)
一、营养关系	(198)
二、敌害关系	(199)
第九章 水域生态系统	(200)
第一节 生态系概念	(200)
一、生态系的基本概述	(200)
二、水域生态系的基本结构和功能	(201)
第二节 水域生态系的能流	(202)
一、食物链和食物网	(202)
二、营养级和生态锥体	(204)
三、能量流和生态效率	(205)
四、水域生态系的鱼产量	(206)
第三节 人类活动对水域生态系的影响	(208)
一、过度捕捞	(208)
二、水域污染	(210)
三、水利农田建设	(211)

第四节 水域综合治理生态工程	(212)
一、渔业控制和调节	(212)
二、资源保护和渔政管理	(212)
三、放流和资源增殖	(213)
第十章 鱼类资源的保护与科学管理	(215)
第一节 生物量和生产量	(215)
一、生物量	(215)
二、生产量	(216)
第二节 实验研究	(217)
第三节 逻辑斯蒂增长模型	(219)
第四节 动态综合模型	(226)
第五节 鱼类资源管理措施	(232)
实验指导	(236)
实验一 鱼类生物学资料的野外采集	(237)
实验二 鱼类年轮的鉴定和鳞(轮)径的测量	(239)
实验三 鱼类生长速度的计算	(242)
实验四 鱼类的食性和摄食强度	(244)
实验五 鱼类的性腺发育和繁殖力	(246)
实验六 仔鱼期对温度和盐度的耐力	(249)
参考文献	(251)

绪 论

第一节 生态学的发展

生态学是生物科学的基础学科之一，它是研究生物与周围环境间相互关系的科学。公元前 2 世纪到 16 世纪的欧洲文艺复兴时期可称为生态学思想的萌芽期，在漫长的生产实践活动中，人类早已注意到生物与环境间的关系，在渔猎生活时代，人类为了利用生物，对各种猎物的生活习性都有观察和了解，如牧民对牛、马、羊，渔民对鱼、虾都有较多的了解，这里就包含了许多生态学知识，只不过当时没有形成系统的、成文的科学而已。作为有文字记载的，我国远在秦汉时期就确立了二十四节气，其中如惊蛰、谷雨等就反映了农作物和昆虫与气候的联系；南北朝陶宏景在《民医别录》中记载了细腰蜂在螟蛉虫体内的卵寄生现象；明朝李时珍所著《本草纲目》中描述了药用动植物生态习性与生态环境的关系。在西方，古希腊哲学家提奥弗拉斯特（Theophrastus，公元前 370 ~ 前 285 年）不但注意到气候、土壤与植物生长和病害的关系，同时也注意到不同地区植物群落的差异，被认为是第一个生态学家。罗马的柏里尼（Pliny，公元 23 ~ 79 年）把动物分为陆栖、水生和飞翔三大生态类群。人类在实践中不断积累起来的生态知识为生态学的诞生奠定了基础。

16 世纪文艺复兴之后，生态学逐渐发展起来。1794 年法国人布丰（Buffon）提出“生命律”，第一次将有关动物与其环境关系的知识系统化，他的“生物变异基于环境的影响”的原理，对近代动物生态学的发展具有重要的影响。1803 年马尔萨斯（Malthus）发表了《人口论》，阐明人口增长与食物的关系，他的学说对达尔文的进化论有重要的影响。1866 年德国人赫克尔（Haeckel）提出生态学“Oikologic”的定义为“研究动物对有机和无机环境的全部关系的科学”。近代生态学由此而诞生。

20 世纪初，生态学已建立成为一门年轻的科学，出版了不少生态学方面的著作，如英国詹宁斯（Jennings，1906）的《无脊椎动物的行为》、德国福勒尔（Forel，1901）的《普通湖沼学》，美国亚当斯（Adams，1913）的《动物生态学的研究指南》可以说是第一本动物生态学教科书，华尔得和威伯尔（Ward et. Whipple，1918）的《淡水生物学》，谢尔福德（Shelford，1939）的《生物生态学》，罗利麦（Lorimer，1934）的《种群动态》，英国坦斯利（Tansley，1935）首创生态系统这一概念。到 40 年代，美国的湖沼生物学家伯奇（Birge）和朱岱（Juday）通过对湖沼能量收支的测定，发展了初级生产的概念，产生了生态学的营养动态概念。在此期间，美国的阿利（Allee）和伊麦生（Emerson）等人写了一部内容极为广泛的《动物生态学原理》（1949），此书被公认为当时最完整的一本动物生态学教材，它标志着动物生态学进入成熟期。

20 世纪 50 年代以来，生态学的发展更为迅速，表现在：（1）种群生态学的进一步发

展,尤其是关于种群调节和种群数学模型的研究,如英国拉克(Larck, 1954)的《动物数量的自然调节》、澳大利亚安德列沃斯(Andrewartha, 1954)的《动物的分布与多度》、前苏联纳乌莫夫(HayMOB, 1955)的《动物生态学》、美国克里斯琴(Christian, 1950)的内分泌调节学说、温·爱德华(Wynne-Edwards, 1952)的行为调节说和奇蒂(Chitty, 1955)等的遗传调节学说、加拿大的克雷布斯(Krebs, 1972, 1978, 1985)的生态学教科书强调了对自然种群的实验分析,梅(May, 1974)等应用数学模型方法进行理论种群研究,发展理论生态学。(2)生态系统生态学的发展。美国奥德姆(E. Odum)对遗弃农田的次生演替及生态系统的能量流、物质流做了大量的研究工作,总结了各方面成果,出版了《生态学基础》(1953, 1959, 1971),确立了生态系统生态学的地位。H. 奥德姆(H. Odum, 1957)和哈里森(Hatchinson, 1970)分别从营养动态概念着手,进一步开拓了生态系统的能流和能量收支的研究。(3)系统生态学的发展。世界经济经过第二次世界大战后的恢复和发展,到20世纪60年代末和70年代初,接连出现了被西方称之为“五大生态危机”的“污染危机”、“能源危机”、“资源危机”、“粮食危机”和“人口危机”,为解决社会生活中出现的生态问题,参加生态研究的人数迅速增加,生态学知识得到了空前普及,形成了“生态热”,并吸收了系统论、控制论和信息论的研究成果,把系统分析与生态学结合,利用计算机手段发展了系统生态学,这是划时代的认识论的提高。其代表作如梅(May, 1976)的《理论生态学》、哈芬(Halfon, 1979)的《理论系统生态学》、H. 奥德姆(H. Odum, 1983)的《系统生态学》。

目前,生态学已发展成为庞大的学科体系,通常按下列方式划分为不同分支学科。

1. 按研究的生物组织水平(或层次)分类

(1)个体生态学(Autecology):研究一个生物种的单一个体或许多个体与环境因子间的关系;(2)种群生态学(Population ecology):研究种群内各成员之间,以及它们与周围环境之间的相互关系;(3)群落生态学(Community ecology):研究群落与其周围环境之间的相互关系;(4)生态系统生态学(Ecosystem ecology):研究生物及其环境间通过能流和物质循环的相互作用。

2. 按生物分类

按生物分类可划分为动物生态学(Animal ecology)、植物生态学(Plant ecology)、微生物生态学(Microbial ecology)。同样动物生态学还可进一步划分为昆虫生态学(Insect ecology)、鱼类生态学(Fish ecology)、鸟类生态学(Bird ecology)、哺乳动物生态学(Mammal ecology)等。此外还有独立的人类生态学(Human ecology)。

3. 按栖息地类别分类

按栖息地类别分类可划分为淡水生态学(Freshwater ecology)、海洋生态学(Marine ecology)、河口生态学(Estuary ecology)、陆地生态学(Terrestrial ecology)。陆地生态学又可进一步划分为森林生态学(Forest ecology)、草地生态学(Grassland ecology)、荒漠生态学(Desert ecology)等。

4. 边缘学科

由于生态学与其他学科的相互渗透,形成一系列边缘科学,如地理生态学(Geographic ecology)、数学生态学(Mathematical ecology, 又称系统生态学 System ecology 或系统分析 Systems analysis)、生理生态学(Physiological ecology, 也称环境生理学 Environmental physiology)

gy)、进化生态学 (Evolutionary ecology)、行为生态学 (Behavioral ecology, 又称行为学 Ethology) 等。

5. 应用学科

因为生态学与生产实践紧密联系, 于是产生了一系列应用生态学 (Applied ecology) 的分支, 如农业生态学 (Agro ecology)、资源生态学 (Resource ecology)、污染生态学 (Pollution ecology)、渔业生态学 (Fishery ecology)、放射生态学 (Radio ecology) 等。

第二节 鱼类生态学的定义、产生和发展

一、鱼类生态学的定义

鱼类是脊椎动物中最大的一个类群, 据纳尔逊 (Nelson, 1984) 统计, 全世界现有鱼类约 21 723 种, 广泛分布于地球表面各种水体中, 从海水到淡水, 从海拔 4 000 m 的西藏高原到数百大气压的大洋深渊, 从肯尼亚的 Nakuru 高盐湖到亚马逊河流域近似蒸馏水的黑水河, 从水温将近 40℃ 的东非湖泊到低于纯水 0℃ 的南极洋都有鱼类栖息, 鱼类在各种类型的栖息水体中, 在长期历史演化过程中造就了丰富多彩的形态、生态和生理特性。由于渔业在人类社会中所占有的重要经济地位, 随着生态学的发展, 以鱼类为研究对象的鱼类生态学亦获得发展, 成为动物生态学的一个分支。鱼类生态学就是研究鱼类与环境之间相互关系的一门学科, 它不仅研究环境对鱼类年龄、生长、摄食、繁殖、行为、种群数量变动以及种间关系等一系列生命机能和生活方式的影响, 研究它的作用规律和机理, 而且还研究鱼类对环境的要求、适应和所起的作用。它对鱼类的增养殖、鱼类资源和水域环境保护、渔业生产的科学管理等工作, 有着重要的指导意义, 是水产科学中与渔业生产发展密切联系的基础理论学科之一。

二、鱼类生态学的产生和发展

早在远古时代, 人类以渔猎为生, 鱼类数量和生物量的变动已引起人们的注意, 如公元前 2000 年古印度叙事诗《玛哈柏哈拉塔》提及恒河营养径流对孟加拉湾的饵料生物和鱼产量的作用。公元前 384 ~ 前 322 年古希腊学者亚里士多德 (Aristotle) 的《动物史》中已有关于鱼类繁殖和洄游的描述。

在 17 世纪一些著作中已涉及鱼类种群数量变动的一些看法, 如黑尔 (Hale, 1677) 认为鱼类高繁殖力是对凶猛动物大量存在的适应, 在鱼类中存在捕食者和被食者的相互关系, 并把环境中非生物因子看作是引起鱼类死亡的原因。荷兰 Leeuwenhock (1684) 发现在鳞片、耳石以及各种骨骼组织上留下的轮纹标志可用来鉴定年龄。

19 世纪中后期, 由于蒸汽机的发明, 世界渔业开始进入机轮捕鱼时代, 大力发展拖网渔业和流网渔业, 使得渔业年总产量从 1850 年的 $1.5 \times 10^6 \sim 2 \times 10^6$ t 逐步上升到 1900 年的 3.5×10^6 t。为适应生产发展的需要, 促进了对鱼类生殖、发育、生长和洄游的研究, 如英国 Buckland (1861 ~ 1864) 的研究指出, 对繁殖幼鱼和经济无脊椎动物的保护在其种群生产力中具有头等重要的作用, 水域中幼鱼不存在过剩。俄国 K. М. Бэр (1854, 1860) 把繁殖力看作是保障种的生存的适应性, 看作是补偿大量死亡的属性, 还探讨了生殖群体

补充时间取决于生长速度及死亡特点。在研究黑海鱼类时,把鱼类数量同食物保障联系起来,而水域中饵料丰歉则同江河营养径流大小有关。被认为是鱼类种群变动现代理论的奠基人。但是,随着捕鱼业的发展,北欧的北海渔业产量却出现明显的下降,前苏联亚速海的总捕鱼量 1893 年达到 $9 \times 10^4 t$,到 1910 年降到 $3.5 \times 10^3 t$,捕捞已影响到海洋鱼类资源,因而引起人们重视对鱼类种群变动的研究。1902 年在丹麦成立国际海洋考察理事会,把各国联合起来,加强对海洋鱼类种群变动规律的研究,以期提出使渔获量稳定的措施。

20 世纪以来,渔业经济获得了进一步发展,1900~1948 年虽然经历了两次世界大战,但渔业总产量每年递增,1948 年的总产量已接近 $2 \times 10^7 t$,这期间鱼类生态学有很大发展,出现了很多较有影响的论著,如丹麦 J.Schmidt (1923) 的《鳗鲡的生殖研究》、前苏联尼科里斯基 (Г.В.НИКОЛЬСКИЙ) 的《鱼类生态学》(1944) 和《黑龙江鱼类》(1956)、施米德特 (Л. Ю. ШМИДТ, 1947) 的《鱼类的洄游》、丘古诺娃 (Н. И. ЧУГУНОВА, 1952) 的《鱼类年龄和生长的研究方法》等是总结当时研究鱼类生态学有代表性的专著,这表示至 40 年代,鱼类生态学已发展成为一门具有比较完整理论体系的分支学科。

20 世纪 50 年代以来,动力滑车、尼龙网和鱼探仪三大发明减轻了渔业生产的劳动强度,降低了成本,世界渔业获得高速发展,内陆水域增殖业亦兴旺发达起来,1976 年总渔获量达到 $7 \times 10^7 t$,1986 年总渔获量超过 $8 \times 10^7 t$,1989 年总渔获量首次突破亿吨记录达到 $1.00333 \times 10^8 t$,但 1990 年总渔获量降至 $9.7246 \times 10^7 t$,直到 1993 年又突破亿吨记录 ($1.015 \times 10^8 t$),在这期间,随着捕捞技术和强度的不断提高,鱼类资源的再生和复苏受到严重影响,许多传统捕捞对象达到了充分利用或过度捕捞,国际粮农组织统计表明,自 1982 年以来,世界渔业经济发展再次出现新高潮,世界渔获量的增加主要来自发展中国家,多数发达国家沿海渔业资源已捕捞过度,因此,解决鱼类资源衰竭和维护水域生态平衡成为鱼类生态学研究的主要目标,把鱼类种群数量变动、群落结构、以食物链为中心的营养和能量循环、生产鱼类的水域生态学的结构和功能,以及人类活动对鱼类生活的影响作为研究重点,从而推动了鱼类生态学的深入发展。在这期间,前苏联尼科里斯基 (1974) 的《鱼类种群变动理论》、加拿大里克 (W.E.Ricker, 1975) 的《鱼类种群生物统计量的计算和解析》、皮特彻 (T.J.Pitcher, 1982) 的《渔业生态学》是有代表性的专著。

据专家预计,到 2010 年世界水产养殖产量将达 $3.75 \times 10^7 t$,到 2025 年达 $6.24 \times 10^7 t$,其间世界捕捞量将稳定在 $1 \times 10^8 t$,未来水产品供应增加量将全部来自水产养殖,发展渔业经济和维护水域生态平衡的矛盾将更为尖锐;鱼类生态学在当前和今后一段时间,在探索、开发深海的鱼类资源、保护淡水和沿海鱼类资源、进一步发展内陆水域和浅海鱼类增殖业、养殖水体生态学的结构和功能将会有新的发展。因此,鱼类生态学的产生和发展与渔业经济的发展有着不可分割的联系,一方面渔业生产发展的需要,决定并影响鱼类生态学的发展;另一方面鱼类生态学的理论在指导渔业生产发展的同时,又不断获得充实和提高。

三、鱼类生态学在我国的发展概况

鱼类生态学知识的积累在我国有悠久的历史,而作为一门正式的分支学科,则是在 1949 年新中国成立后逐渐形成的。

1. 我国古代鱼类生态学知识的积累

我国是世界上最早开始养殖淡水鱼的国家,捕鱼业亦有悠久历史,劳动人民在长期生产实践中积累了丰富的鱼类生态学知识,特别是对淡水优良养殖鱼类和海、淡水主要捕捞对象的生态习性十分熟悉。早在两千年前,东汉许慎的《说文解字》和晋朝郭璞的《尔雅》就记载了鱼类胚胎发育不同阶段的命名,与近代的划分相当接近。同期《说文解字》对鲙(刀鲚)、《尔雅》和《尔雅翼》对鱮(中华鲟)、鲟(白鲟)以及明朝李时珍的《本草纲目》对鲢鱼的生殖洄游均有详确的描述。在丰富的古籍文献中,对青鱼、草鱼、鲢、鳙、鲤、鲫、鲂、鳊、鳊、鳊等淡水鱼类及一些海产鱼类的生活习性作了正确描述。特别是唐末刘岙的《岭表录异》关于利用草鱼清除荒水田内杂草,使成为熟田的记载,这可能是鱼类生态学研究直接为国民经济服务的最早记录。

2. 20世纪30~40年代鱼类生态学的研究

我国近代鱼类生态学作为鱼类学的一个重要组成部分,萌芽于20世纪30~40年代,在当时的困难条件下,我国的鱼类学学者还是做了一些淡水鱼类生态的研究工作,例如刘建康《鳊鱼之生长率及淡水鱼类生命史之研究》、伍献文《鳊鱼生殖习性及其幼鱼之变态》、林书颜《草鱼之生命史》、薛芬《鲤鱼、鲫鱼脊椎骨数目与水温之关系》、寿振璜等《数种食用鱼类年龄和生长之研究》、张孝威《淡水鱼类对急流的适应》以及施怀仁《各种鲤科鱼类之天然食料》等论文报告,为鱼类生态学的发展打下基础。

3. 1949~1966年间鱼类生态学的研究成果

新中国的成立为渔业经济的发展开辟了道路,从而推动了传统鱼类学向生态学领域开拓,从1949~1966年间,鱼类生态学在我国获得了全面而迅速的发展,取得了一批有价值的研究成果,主要有以下几个方面:

(1) 鱼类栖息环境的调查 这通常是和鱼类区系、渔业资源调查结合进行的。在海水方面,首先对局部海区进行渔场生态环境的调查,例如烟威外海鲈鱼渔场的综合调查;辽东湾、渤海湾、莱州湾、舟山群岛等大、小黄鱼、带鱼渔场和渔业生物学基础调查;东海中南部鲈鱼和竹荚鱼渔场环境调查;南海北部湾底拖网渔场生态环境调查。在淡水方面,对全国一些主要江河,如对黑龙江、黄河、长江、珠江、钱塘江、闽江等河流的生态环境和渔业生物学作了综合性调查,并对黑龙江的大麻哈鱼、长江的青鱼、草鱼、鲢、鳙以及钱塘江鲢鱼的繁殖习性和产卵场进行了调查;对湖北的梁子湖、江苏的太湖,河北的白洋淀等典型浅水湖泊;对北京十三陵水库、黄河三门峡水库、四川长寿湖水库等水库的生态环境、渔业生物学基础开展了综合性调查。

(2) 经济鱼类生物学研究 海水鱼类有大、小黄鱼、带鱼、鲈、鳎、太平洋鲱、红鳍笛鲷、鲷、金枪鱼等近20种;淡水鱼类有青鱼、草鱼、鲢、鳙、鲤、鲫、鳊、鲂、银鱼、江鲈、鳊、乌鳊、黄鳊等近30种,还有鲟、鲟、松江鲈及国外引进种——虹鳟、罗非鱼等,基本上摸清了这些鱼的食性、年龄与生长、繁殖、洄游等生物学特性。

(3) 鱼类种群生态的研究 主要对海产重要经济鱼类大、小黄鱼、带鱼的种群进行较为深入的研究分析,基本上弄清了这三种鱼不同地方种群或生态种群的生长、索饵和繁殖等生物学特性,分布和洄游特点以及种群结构和数量变动原因;在南海北部湾进行了底层鱼类群聚结构的研究。在淡水中,对长江经济鱼类,主要是青鱼、草鱼、鲢、鳙等鱼的种群数量变动和河湖生殖洄游习性作了调查研究。

(4) 鱼类实验生态学研究 在一些淡水鱼类中开展了 pH 值、水温、溶氧、盐度等外界理化因子对鱼类机体的影响及鱼体对其适应性的研究。特别是在摸清家鱼产卵场环境条件的基础上,模拟家鱼产卵场的生态条件,采用生理生态结合的方法,使“四大家鱼”人工繁殖获得成功。

在这期间发表了不少对我国鱼类生态学和渔业经济发展有一定影响的论著,例如在淡水方面有:倪达书等(1954)《花鲢和白鲢的食料问题》、饶钦止等(1956)《湖泊调查基本知识》、陈佩薰(1957, 1959)《鲤鱼鳞片年轮的标志及其形成的时期》、郑重等(1956, 1957)《厦门鲢鱼的食料研究》、刘建康(1959)《梁子湖自然环境及其渔业资源问题》、黎尚豪等(1963)《云南高原湖泊调查》、易伯鲁等(1964)《长江家鱼产卵场的自然条件和促使产卵的主要外界因子》、陆挂等(1964)《钱塘江鲢鱼的自然繁殖及人工繁殖》以及钟麟等(1965)《家鱼的生物学和人工繁殖》;海水方面有:朱元鼎(1959)《中国主要海洋渔业生物学基础的参考资料》、张孝威等(1959)《烟台外海鲈鱼的生殖习性》和《十年来我国四种主要海产经济鱼类生态的调查研究》、朱树屏(1960)《黄渤海区小黄鱼的洄游及有关环境因子》、徐恭昭等(1962)《大黄鱼耳石轮纹形成周期及其年龄鉴定问题》和费鸿年等(1965)《南海北部底层鱼类群聚研究》等。

4. 1977 年以来的鱼类生态学研究

1967~1976 年由于“文化大革命”,鱼类生态学的研究工作基本停止。1973 年开始缓慢恢复,自 1977 年以来研究工作发展很快,主要成果有以下几方面:

(1) 鱼类栖息环境调查的扩大和深入 淡水方面有全国性的内陆水域自然环境和鱼类资源调查;广泛开展水利建设工程对鱼类资源的影响,例如长江三峡、葛洲坝水利枢纽等对四大家鱼和鲟鱼类等经济鱼类资源和繁殖生态影响的调查;开展湖泊污染对鱼类及其他水生生物影响的调查。海水方面有全国性的浅海滩涂渔业资源调查;东海外海中心渔场环境调查;南海大陆架和南海诸岛海域鱼类生态环境和资源的调查;闽南—台湾浅滩海域渔场环境的调查;东、南海深海鱼类生态环境调查;局部海区开展水质污染与渔场破坏关系的调查。这些大规模的调查研究工作,对渔业方针政策的制订、渔业规划、渔业生产的发展有着重要的意义。

(2) 经济鱼类生物学研究对象进一步扩大 海水鱼类有鲮、梭鱼、鲷、蓝圆鲈、石斑鱼、金线鱼、海马、蓝点马鲛、鳎、黑鲷、鲱鲤、舵鲈、花鲈、鳕鱼、牙鲆、银鲈、绿鳍马面鲀等 40 余种;淡水鱼类有鲟、大麻哈鱼、香鱼、胭脂鱼、太湖短吻银鱼、铜鱼、细鳞斜颌鲴、圆吻鲴、滩头雅罗鱼、鲢、卷口鱼、胡子鲶、长吻鲢、黄鳍、大眼鲈、鳊等 30 余种。

(3) 种群生态研究 在海水鱼方面,东海带鱼的种群生态研究有新的进展;对鲱、沙丁鱼、鲈、绿鳍马面鲀等种群数量变动及原因作了深入研究;对台湾海峡和北部湾二长棘鲷种群作了鉴别研究。在淡水鱼方面,对长江长吻鲢、东江鲤、青海湖裸鲤、滇池鲫、新丰江水库大眼鲈等鱼类的种群数量变动及水库凶猛鱼类演替规律和控制途径进行了研究。近年来对长江、珠江、黑龙江鲢、鳙、草鱼自然种群的形态判别、生长性能、种质资源保护等问题作了较深入的研究。对一些海、淡水鱼类开展了生活史类型的研究。

(4) 实验生态学研究 内容和对象都扩大。为了测试鱼类通过闸、坝的可能性,设计了鱼类克服流速能力和向流性行为的试验以及一些鱼类游泳速度的试验;蓝圆鲈和鲈鱼的

趋光行为研究；应用电泳等新技术开展鉴定种群的种群遗传生态的研究。

(5) 群落、生态系统的研究 在淡水方面，对一些水体，如太湖、洪湖进行维护物种多样性、防止鱼类小型化的研究；对一些中、小型湖泊，如武昌东湖、湖北保安湖、安徽花园湖、江苏隔湖等进行提高水体生产力为中心的综合生态研究；开展鱼塘生态系统的研究，涉及的内容有鱼塘生态系的结构与功能、初级生产力研究、某些生态因子调控试验、鱼塘物质循环与能量流动的分析等。在海水方面，有广东大亚湾、闽南一台湾浅滩综合生态研究；对南海北部湾底层鱼类、东海北部岛礁鱼类、东海深海鱼类和黄渤海鱼类的群聚结构（包括多样性和优势种）作了较深入的研究。

这些工作对于合理开发、利用湖泊、水库、海湾、滩涂；寻找新渔场；保护鱼类资源；扩大水产养殖品种；保护水域环境提供了生态依据，并取得明显的增产效果。在这期间发表了许多对鱼类生态研究进展有一定影响的论著，例如《青海湖地区的鱼类区系和青海湖裸鲤的生物学》、《长吻鮠的种群生态学及其最大持续渔获量的研究》（1975）、《长江鱼类》（1976）、《长江中下游水库凶猛鱼类的演替规律及种群控制途径的探讨》（1978）、《广东大陆架鱼类生态学参数和生活史型》（1981）、《南海北部大陆架底栖鱼类群聚的多样性以及优势种区域和季节变化》（1981）、《葛洲坝水利枢纽工程截流后长江四大家鱼产卵场调查》（1982）、《台湾海峡和北部湾二长棘鲷种群鉴别研究》（1983）、《珠江三角洲基塘系统研究》（1987）、《大亚湾环境与资源》（1989）、《淡水鱼类种群生态学》（1990）、《海洋渔业生物学》（1991）、《闽南一台湾浅滩渔场上升流区生态系研究》（1991）、《胶洲湾生态学和生物资源》（1992）等。

第三节 鱼类生态学的研究对象和方法

一、研究对象

当代生命科学朝着两个方向发展，分子生物学朝微观方向发展，在器官、细胞、染色体、基因水平上探索生命系统的奥秘；生态学则是朝宏观方向发展，在有机体、种群、群落、生态系统的水平上探索生命的奥秘。鱼类生态学与普通生态学一样，把鱼类个体、种群、群落和生态系统作为研究对象。

鱼类生态学研究对象首先是物种（Species），通常把研究鱼类的年龄、生长、摄食、繁殖、行为习性和生活史等列为个体生态学；研究鱼类种群结构（例如群体的年龄、性别组成）、数量变动、种群的遗传等列为种群生态学；研究鱼类和共存种之间的相互关系、食物链及其能流过程、鱼类群聚和物种多样性等列为群落生态学；包含鱼类在内的生物群落与其周围理化环境密切相关，相互作用，进行着物质和能量的流动，从而构成了称为生态系的统一体。鱼类生态学把鱼类作为水域生态系统的一个结构成分来研究，因此，在开发、利用某种鱼类资源，或为了提高水域鱼产力而采取措施时，必须考虑到整个水域生态系在结构和功能方面的反应，任何局部环节的变化，都会引起系统内其他环节的重新调整，例如在一个湖泊里移植某种鱼，不仅要研究和掌握这种鱼的生物学特性，湖泊的自然条件和饵料基础，还要考虑移植后随着会发生的湖泊营养盐、透明度以及鱼类群落结构和食物链关系的变动。