



全国高等农业院校教材

全国高等农业院校教材指导委员会审定



鱼类生态学

● 殷名称
编著

中国农业出版社

全国高等农业院校教材

鱼类生态学

殷名称 编著

淡水渔业、海水养殖、
水生生物和鱼类资源专业用

中国农业出版社

前 言

现代化经济建设和科学的发展，在生物学领域已将生态学推到了一个突出的地位。鱼类生态学作为一门新兴分支学科，在我国是在50年代后逐渐形成的，至80年代国内水产院校开始建立课程，以适应培养新一代渔业科技人材的迫切需要。然而，由于种种原因，国内至今尚无一本统编的《鱼类生态学》教材。正是在这样的形势和背景下，本书被列入“八·五”国家统编教材，由全国高等农业院校教材指导委员会、水产学科组负责审定出版，以填补国内这一领域教材的空白。

鱼类生态学涉及的内容相当广泛。当前，在鱼类个体、种群、群落和生态系等层次上，都已十分活跃地建立起初具规模的、独立的理论系统和方法论。本书作为农业水产院校淡水渔业、海水养殖、水生生物和鱼类资源等专业的基本教材，旨在扼要地、系统地、深入浅出地介绍鱼类生态学的基本理论和概念，以及有关的调查研究方法，为学生今后从事鱼类增养殖、鱼类资源和水域环境保护，以及渔业生产的科学管理等工作奠定必要的鱼类生态学基础。为此，全书以介绍鱼类的年龄、生长、摄食、呼吸、繁殖、早期发育、感觉、行为和分布，以及洄游等各种生命机能，及其与环境的联系为主，适当阐述鱼类种群、群落研究的主要内容，确立“人—鱼—环境”之间辩证统一的观点。全书按75学时编写，内容照顾到各专业的需要。各校在实际使用时，按不同专业、对象和学时数，对所编内容的选择应当有所差别和侧重。

本书的资料选择，尽量以总结建国以来国内鱼类生态学研究的有代表性的成果为主，并努力反映国外的先进水平；自然，也包括作者个人长期从事鱼类生态学教学和科研实践所积累的资料。为拓宽本书的使用面，凡涉及到的资料，书末均附有参考文献，以备读者深入研究时查阅。因此，本书也可供作有关专业研究生、大专院校生物系师生、环境保护和水产科学研究以及渔业生产单位工作人员，从事教学和科研参考用书。

本书承蒙华中农业大学杨干荣教授和上海水产大学孟庆闻教授审阅全部文稿，为提高书稿质量和学术水平作出重要贡献。本书的撰写还获得国内有关专家和同行的关心和支持。大连水产学院秦克静教授，以及上海水产大学苏锦祥、李思发和周应祺教授还曾阅读过本书的部分手稿，提出了宝贵的修改意见。本书插图，除照相版由张敏同志完成外，全部由路安明同志描绘。同时，本书的撰写还获得校、系和教务处各级领导的关心和支持，在此一并表示衷心的感谢。

我还要特别感谢我的两位导师：孟庆闻和J. H. S. Blaxter教授，以及教研室苏锦祥教授在本书准备和撰写过程中所给予我的热忱指导、鼓励和支持。

我衷心希望本书能为推动鱼类生态学这一新兴学科在我国的发展，作出微薄的贡献。但限于水平，书中难免有错误和不妥之处，敬祈读者批评指正。

殷名称

1993年1月

目 录

、 绪论.....	1
第一节 鱼类生态学的定义、产生和发展.....	1
第二节 鱼类生态学的研究内容、顺序、方法和重点.....	3
第三节 鱼类生态学在我国的发展与前景.....	6
第一章 年龄.....	11
√第一节 生活史、发育期和寿命.....	11
√第二节 年轮和年龄.....	15
√第三节 鉴定和分析鱼类年龄的方法.....	23
×第四节 渔获物年龄结构分析及其意义.....	29
第二章 生长.....	34
√第一节 生长的基本概念和式型.....	34
√第二节 影响鱼类生长的因子.....	38
√第三节 生长的一般测定方法.....	45
×第四节 体长、体重关系和生长率.....	51
√第五节 生长方程.....	55
第三章 摄食.....	64
√第一节 食物组成.....	64
√第二节 食物选择性.....	71
√第三节 摄食量和消化率.....	76
√第四节 食物能量的分配流程.....	83
、 第四章 呼吸.....	89
第一节 鳃呼吸的机制、特点和影响因素.....	89
第二节 鱼类对溶氧的要求和适应.....	94
第三节 水体溶氧和二氧化碳的变化特点.....	101
第五章 繁殖.....	105
√第一节 繁殖策略、技术和两性系统.....	105
√第二节 性腺发育.....	110
√第三节 繁殖时间和场所.....	116
√第四节 产卵群体和繁殖力.....	121
√第五节 繁殖方式和行为.....	128
、 第六章 早期发育.....	132
第一节 卵的质量、受精和发育.....	132
√第二节 仔鱼的生活方式、摄食和生长.....	139
√第三节 影响仔鱼存活的生态学因子.....	145
、 第七章 感觉、行为和分布.....	152

第一节	感觉和信息传递	152
第二节	鱼类对光、声、电的行为反应	158
第三节	分布	165
第八章	洄游	171
✓第一节	运动、洄游和集群	171
第二节	洄游的类型	174
第三节	洄游的原因和定向机制	180
第四节	洄游的研究方法	185
第九章	种群	188
✓第一节	种群基本概念和鉴别	188
第二节	种群丰度估计	192
第三节	种群死亡特征	197
第四节	种群数量变动	203
第五节	种群的生产和管理	209
第十章	群落	218
第一节	群落简介	218
第二节	鱼类的生物性相关	221
✓第三节	食物链及其能流过程	231
第四节	鱼类群聚和物种多样性	236
第十一章	人一鱼一环境	245
第一节	生态系概述	245
✓第二节	人类活动对水域环境和鱼类资源再生的影响	249
第三节	水域综合调查和治理	254
附录	实验指导	259
实验一	鱼类种群形态学性状的测定	259
实验二	鱼类生物学资料的野外采集	261
实验三	鱼类鳞片的年轮特征和鳞(轮)径的测量	262
实验四	鱼类生长速度的计算	264
实验五	鱼类的食性和摄食强度	265
实验六	鱼类的性腺发育和繁殖力	267
实验七	鱼类的人工授精和孵化	269
实验八	鱼类在仔鱼期的温度和盐度耐力	272
参考文献	275
索引	290

绪 论

第一节 鱼类生态学的定义、产生和发展

一、定 义

生态学 (Ökologie) 一词最早由德国学者 Haeckel (1866) 提出, 当时的定义是: “生态学是动物对有机和无机环境的全部关系”。后来, 生物学家又作了各种不同的解释和定义。现在看来, 这样的定义是比较合适的: “生态学是生物学的一个分支, 是研究生物 (动、植物) 与其周围环境之间相互作用关系的科学。”

鱼类是脊椎动物中最大的一个类群。据 Nelson (1984) 统计, 全世界现有鱼类约 21723 种, 分隶于 50 目、440 科、4044 属, 约等于两栖、爬行、鸟和哺乳类种数之和。鱼类广泛分布于占地球表面四分之三的水体中, 几乎有水之处皆有鱼类的踪迹。从海水到淡水, 从海拔 4000m 的青藏高原和安第斯山脉到数百大气压的大洋深渊, 从肯尼亚的 Nakuru 高盐湖到亚马逊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。鱼类在长期历史演化过程中获得了这样宽广范围的栖息场所, 造就了它具有极其丰富多彩的形态、生态和生理特性。更由于渔业在人类社会中的重要经济地位, 因此, 当生态学一经问世, 以鱼类为研究对象的鱼类生态学 (Fish Ecology) 便毫无疑问地成为年轻的生态学家族中最重要的一员, 获得了迅速的发展。

鱼类生态学是研究鱼类的生活方式, 研究鱼类与环境之间相互作用关系的一门学科。这就是说, 它不仅研究环境对鱼类年龄、生长、呼吸、摄食和营养、繁殖和早期发育、感觉、行为和分布、洄游、种群数量消长以及种内和种间关系等一系列生命机能和生活方式的影响, 它的作用规律和机理, 而且研究鱼类对环境的要求、适应和所起作用。鱼类生态学既注重理论研究, 也注重实践应用; 它对鱼类的增养殖、鱼类资源和水域环境保护, 以及渔业生产的科学管理等工作, 均有着重要的指导意义。因此, 鱼类生态学是水产科学中与渔业经济发展密切联系的基础理论学科之一。

二、与其它学科的关系

鱼类生态学是在传统鱼类学 (Ichthyology) 和普通生态学, 特别是动物生态学的基础上发展形成的。鱼类分类学、形态学和地理分布学方面的基础知识, 有助于深入理解鱼类不同种、种群在遗传演化、生活习性及其与外界环境联系方式的实质。鱼类生态学作为动物生态学的一个分支, 在研究内容、方法、顺序方面, 两者是一致的。

海洋学和潮沼学作为研究鱼类和其它水生生物的栖所——海洋与潮沼的两门学科, 与鱼类生态学关系密切, 体现了鱼类与非生物环境的联系。水生生物 (生态) 学、包括海洋和淡水生物 (生态) 学以及微生物学、鱼病学等学科, 对于研究鱼类的群落生态具有重要

作用，体现了鱼类与生物环境的联系。

渔业生物学在探讨渔业资源（主要是鱼类资源）的调查、开发、利用和复苏的生物学基础方面，深化了鱼类种群数量消长的研究，成功地推动了鱼类种群生态学的建立和发展。

鱼类生理学研究鱼体内部进行的各种生命过程及其与外界环境的依存关系，对于鱼类生态学解释鱼类在外界环境影响下生活方式的变化和适应极为重要。鱼类生态学和生理学作为姐妹学科，相互渗透起着相辅相成的作用，而鱼类生态生理学作为最新学科的问世，恰好说明两者不可分割的关系。

鱼类生态学接受现代最新科学技术和理论的渗透，在研究内容和方法上不断创新。数理统计学、物理学、生物物理、生物化学、电子学和宇航学等学科的新理论、新方法和新技术，已经经常被用作鱼类生态学的研究方法和手段，甚至创造新的理论体系和学科。

鱼类生态学自60年代以来发展极快、分支很多，出现了许多新的学科名称。例如，就研究对象的层次和研究内容而言，有鱼类个体、种群、群落和系统生态学等；就研究对象的栖息环境而言，有海洋、淡水、高山、深海鱼类生态学等；就研究的范围和手段而言，有鱼类实验、野外、生理、生化、遗传生态学等。还有，和其它相关学科结合而发展起来的，诸如鱼类系统演化生态学、鱼病生态学、水域环境保护生态学和渔业管理生态学等。

三、产生和发展

鱼类生态学萌芽于19世纪中后期。当时，蒸汽机已发明，世界渔业开始进入机轮捕鱼时代，年总产量从1850年的1500—2000kt逐步上升为1900年的3500kt。渔业在国民经济中的重要地位和作用，已越来越被人们认识到。发展渔业经济的朴素愿望，推动了传统鱼类学向鱼类生态学领域开拓。但当时大都局限于鱼类洄游、繁殖、生长、发育和生活史的研究。丹麦生物学家J. Schmidt始于1904年，最终于1923年发表的欧洲《鳗鲡的生殖研究》是这方面的代表杰作。

20世纪以来，渔业经济获得了进一步发展。1900—1948年虽然其间经历了两次世界大战，但渔业总产量的年增长量平均仍达330kt。1948年的总产量已接近20000kt。这一阶段，渔业生物学研究获得了迅速的发展。鱼类生态学，特别是个体生物学和生态学研究的基本内容和理论大都获得建立，涌现出一大批杰出的研究家。这将在本书以后的有关章节中予以详细介绍。还要提及的是，围绕着渔业生物学基础问题，鱼类种群数量变动的研究亦获得了广泛重视和发展。至30—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。前苏联杰出的鱼类生态学家Г. В. Никольский提出的《鱼类生态学》（1944）、《黑龙江流域鱼类》（1956）和《鱼类种群变动理论》（1965）等是总结当时鱼类生态学研究提出的有代表性的专著。

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中劳动强度，降低了成本，并使盲目捕捞转为瞄准捕捞。内陆水域增殖业亦兴旺发达起来。世界渔业获得了高速度的发展。1948—1974年平均年增长量提高到1930kt。至1976年总渔获量突破

70000kt大关。但是，随着捕捞技术和强度的不断提高，鱼类资源的再生和复苏也受到严重影响。不久，许多传统捕捞对象达到了充分利用或过度捕捞的境地。这终于使人们认识到，以往认为鱼类资源是“繁衍不绝、取之不尽”的观念是错误的。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重要目标。研究重点转入到以种群动态为中心的维护水域生态平衡上，主要涉及鱼类种群数量变动、群落结构、以食物链为中心的营养和能量循环、以鱼类为食物生产的水域生态系的结构和功能，以及人类活动对鱼类生活的影响等。这些研究密切配合世界渔业生产，提出了保护鱼类资源、合理捕捞和科学管理等具体措施，推动了鱼类生态学的深入发展。

在进入80年代后，世界渔业经济发展再次出现新高潮。1980—1986年平均年增长量达到3220kt。目前，年总产量超过90000kt。据有关专家估计，到2000年总产量将达120—140Mt。发展渔业经济和维护水域生态平衡的矛盾更为尖锐、突出地摆在当代鱼类生态学家面前。鱼类生态学在当前和今后一段时间，可能将在探索和开发利用南极洲周围海域等公海和深海鱼类资源、实施综合治理生态工程、保护现有淡水和沿海鱼类资源以及进一步发展内陆水域和浅海鱼类增养殖业等方面面临新的挑战。因而，南北极、深海和远洋鱼类，人工、半人工和近自然水体生态系结构和功能，仔稚鱼生物学和生态学，养殖水域超负荷和富营养化以及“人—鱼—环境”整体统一的研究，将会有新的发展。

因此，鱼类生态学在近代的产生和发展不是偶然的，它和渔业经济的发展有着不可分割的联系。一方面，渔业实践的需要，在很大程度上决定并影响着鱼类生态学的发展；另一方面，鱼类生态学的理论在指导渔业发展的同时，又获得不断充实和提高。

第二节 鱼类生态学的研究内容、顺序、方法和重点

一、研究内容、顺序和方法

当代生物学正朝向两个方面深入发展：分子生物学是朝向生物的器官→细胞→染色体→基因水平的方面发展，而生态学则和分子生物学朝向微观方面发展相反，是遵循着从个体→群体→群落→生态系的研究顺序，朝向宏观方面发展，以求探索生命系统的奥秘。鱼类生态学和普通生态学一样，都是从自然历史发展起来的。因此，两者的研究顺序亦相同。

鱼类生态学研究首先是从物种 (species) 开始的。种是生态学最直接、最基础的研究对象。如果没有对一个个物种的生物学特性的了解和掌握，就不会形成全面深入的系统观念。种的研究的直接目的是了解种的分布、生态习性和人类对种的需要量。为此，要研究种的年龄、生长、摄食、繁殖特性和生活史等，以及各种环境因子的影响。这一类研究，通常称为个体生态学 (Autecology)。

在种的研究中，如果仅以单个个体为单位，则很多生命现象不能获得正确的说明。举例来说，群体有出生率和死亡率，它们随环境条件和群体的增衰、年龄结构的变动而变化。群体的出生率和死亡率，决定着群体的兴衰和数量变动。这正是人类利用自然资源最需要了解的内容之一。因此，种的研究，就目的和方法而论，通常不是以种内个体为单位，而是以种内个体栖息在同一生态环境（或同一水体）里所形成的组合群，即种群 (popula-

tion) 为单位。主要研究其结构 (性别和年龄组成)、数量变动、活动范围以及环境因子的影响等。这称为种群生态学 (Population Ecology)。

在自然界, 孤立地研究单个种群, 而不考虑和这种鱼生活在同一环境里的生物群落, 是很难得出正确结论的。所谓群落 (community), 是指栖息在具有相似生活条件的居住地段里的动、植物的总和。群落的研究, 大都集中在不同种群间的相互作用关系上。例如, 某个湖泊中小型鱼类群体的增长, 可以促进它们的捕食者——凶猛鱼类群体的丰度, 而捕食者群体的增长, 又反过来抑制小型鱼类群体的增长。在群落内部存在着某种程度的自身调节能力。显而易见, 确立一个具有某种自身调节能力的有机生命系统的群落概念, 对于了解某种鱼类群体的丰度、死亡率和出身率及其调控机制是有价值的。

同样, 生物群落不能脱离理化环境而孤立地存在。生物群落与其理化环境密切相关, 相互作用, 进行着物质和能量的流动, 构成了一个被称之为生态系 (ecosystem) 的统一体。生态系的概念, 在近代生态学中起主导作用。它强调生态系各组成部分之间的相互依存和因果关系, 以及各组成部分结合起来作为一个功能单元。简言之, 生态系的研究围绕着结构和功能展开。鱼类生态学把鱼类在自然界的存在, 作为水域生态系统的—个结构成分来研究。因此, 在任何为了生产的目的, 如开发、利用某种鱼类资源, 或提高水域鱼产力而采取措施时, 都必须考虑到整个水域生态系在结构和功能方面的反应。因为, 任何局部环节的变化, 都能引起整个系统其它环节的重新调整。例如, 要在一个湖泊里放流某种鱼, 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 (包括种类组成、季节分布和数量变动), 还要考虑放流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。相反, 如果要了解某个湖泊的物理环境因子及其变动, 得同时考虑和测定这个湖泊所存在的生物的质和量。

最后, 应该指出: 现代生态学研究的重点是围绕着生态系的结构和功能进行的, 但这决不意味着可以脱离个体、群体和群落生态学的研究。而且, 在很多方面这几个研究步骤之间, 并没有严格的界限。个体、群体和群落的生态学研究是生态系研究的基础, 也是不可分割的环节和步骤。

二、研究重点

鱼类生态学涉及面很广, 内容很多。但是, 从当前渔业生产实际需要考虑, 其研究重点可以归纳如下:

1. 鱼类各种生命机能和环境条件的关系 主要了解鱼类呼吸、摄食、繁殖、发育、生长、感觉、集群、洄游所要求的环境条件, 以及环境条件变化时, 对鱼类生活力所产生的影响。根据鱼类在这些方面所具有的生态特性, 可以为制定饲养、育种、增殖、捕捞、资源保护和管理等具体计划提供生态学依据。

2. 鱼类种群数量变动规律 鱼类个体和群体摄食、生长、繁殖和发育, 鱼类种内和种间关系以及群落和生态系的结构和功能, 都将影响到种群数量的变动。鱼类种群动态的研究, 有助于资源评估、确定保护对象、预测经济种群的渔获量、提出合理的渔业计划以及有效的增殖措施, 使水域鱼类生产力始终保持在符合客观规律变动的幅度之内。

3. 鱼类群体空间位置的变更 指鱼类的行动和洄游。这涉及鱼类个体生活史、生命周

期、种内种间群的集散、分布和迁徙的规律、昼夜和季节性活动规律、摄食、越冬和繁殖习性以及各种感觉器官，或鱼类发电、发声和发光特性及其生物学意义等基本理论问题。研究鱼类群体空间位置变更，对于侦察鱼群、改进和发展新的渔具渔法、掌握捕捞主动权极为重要。

4. 人类活动对水域环境和鱼类资源的影响 主要包括过度捕捞、水域环境污染、水利农田建设以及水域综合调查和治理等，借以确立“人一鱼一环境”相互作用、整体统一的原则。这将有助于提高认识，明确人类对维护水域生态平衡和鱼类资源再生的主导作用。

5. 以鱼类为主要食物生产的水域生态系的结构和功能 目的是探求最适结构和最高功能效率。既要最大限度地发挥水域生产力，为人类提供更多的鱼产品，又要优化环境，维护水域生态系统生物多样性格局，防止超负荷和富营养化。

三、研究内容和方法的发展趋势

60年代以来，鱼类生态学接受现代最新科学技术和理论的渗透，在研究内容和方法上不断创新，现已进入到以鱼类为中心的对整个生态系结构和功能的研究，并且已从定性、描述现状转到定量、预报未来的水平。它在研究内容和方法上的发展趋向，主要有以下两个基本特征：

1. 模糊了理论科学和应用科学的界限 在研究内容方面，注重经济效益、对人类的蛋白质供应以及对人类带来有利和有害的程度：

(1) 在种的生态学方面：注重研究有益和有害鱼种的生存，特别是生殖所要求的生物和非生物环境条件，它们对环境变化适应的程度。一个有价值的种能否有利地引入一个新的水域，一个引入的种是否会产生有害影响，以及它以特定的方式来改变环境对人类可能造成的利害关系。

(2) 在种群生态学方面：注重研究鱼类种群的最适产量。因为，对人类有价值的种群，总必须有某种最适大小来提供最高和最持久的产量，而在实践中，对特定种群的最适策略问题往往很难答复。

(3) 在群落和生态系的研究方面：注重研究水域各营养阶层之间物质和能量的动态关系，以及它们和周围环境之间的关系。水域生产力，特别是初级生产力的研究，以及如何最有效、最经济地利用水域初级生产力，将它转化为鱼类和其它水生动植物的生产上，也是当前的重要研究课题。

(4) 在种群、群落和生态系的管理方面：有关鱼类群体或种群，以鱼类为中心的群落和生态系的稳定性研究，行将有飞跃的发展。在水域生态系的试验性变更方面，也是一样。过去局限在实验室内的模式生态系研究，必将扩展到野外。如果有意识地把压迫或干扰加到一个特定的水域生态系上会产生什么反应？如果有意识地在群落中除去某一部分种群，或引入一个新的鱼种，对整个生态系的平衡会产生怎么样的变化？水域生态系平衡的调节机制是什么？

2. 现代科学技术和理论的应用在鱼类生态学的研究中日益广泛和深入 新的数理化学技术和理论的引进和渗透，现代化实验设备，是当前这一学科发展的特点，标志着研究

方法的创新:

(1) 应用质谱仪、气相层析、原子衍射分光光度计、氨基酸分析仪以及颗粒和辐射计数器,或其它测定气体和离子的精密而轻便的仪器来分析物理环境因子。

(2) 运用船用、机载或人造卫星叶绿素遥感遥测装置来测定水域,特别是海洋初级生产力。再根据食物链中各营养阶层之间能量转换效率的测定和研究,甚至可以进一步推算和预报鱼类、浮游动物和底栖生物等水产品的总蕴藏量,从而制订出水域资源合理开发和利用的方案。

(3) 雷达、声纳、微波及红外线感觉系统的采用,还有密闭线路的水下电视,在鱼类群体行为研究中,特别在侦察鱼类集群、行动和洄游方面,起了重要作用。卫星遥感装置也被用来遥测海面水温,确定等温线的变化和渔场、渔期的关系。

(4) 在探讨各生物群营养水平上的物质和能量转换方面,放射性同位素与其它示踪者,以及各种最新的生化分析方法给了很大帮助。

(5) 采用数学方法来概括某些生态现象,在30年代已经开始了,而60年代以来,由于数字电子计算机的广泛应用,这方面的工作与日俱增。目前,采用电子计算机的数学分析技术来定量研究水域生态系结构和功能,已发展成为一门专门的学问。这种研究是建立在这样的假设基础上的:即一个生态系统在任何时间的状态都能用定量的方法来表示;生态系统中每个环节的变更,也能用确定的或随机的数学公式来描述。这种方法被称之为数学模拟(mathematical simulation)。如果这种假设成立,根据生态系统在一个时间的状态的定量数值,就能够提供该系统在以后一段时间中的量值(只要在这段时间中外源因素的变量能测定)。

必须指出:一个生态特征、现象或生态系统的数学模型(mathematical model)必定是建立在对该特征、现象或生态系统详细调查的基础上的。在进行计算机模型构作之前,先要有个把调查研究所得到的生物学资料结合进去的逻辑模型(logic model)。只有当这些初步结果经过测试而满意时,它们才能结合到一个完整的生态学模型里去。该模型才有可能预报未来的变化。因此,数学模拟的出现虽然代表了国际上生态学研究的新水平,但它绝不能取代生态学的最基本研究方法——野外调查和实验室研究。一个生态系统的模型不会比它所根据的数据资料更强。在数据资料不足的情况下,只能作出粗糙的模型。因此,数据资料应尽可能扩大,野外调查统计和室内实验观察都是必不可少的。这样,才能使我们有可能理解构作模型的机理和测试模型的运转效果,即通过实践检验模型的有效性。

第三节 鱼类生态学在我国的发展与前景

鱼类生态学知识的积累在我国有悠久历史,而作为一门正式的分支学科则是在新中国成立后逐渐形成的。下面,根据建国以来国内正式发表的有关鱼类生态学文献,就这一学科在我国的发展简史、成就、现状和前景作一扼要归纳、分析和探讨。

一、古代和近代

我国是世界上最早开始淡水养鱼的国家,捕鱼业亦有悠久的历史。劳动人民在长期生

产实践中积累了丰富的鱼类生态知识，特别是对淡水优良养殖鱼种和海淡水主要捕捞对象的生态习性十分熟悉。例如，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，与近代的划分十分接近。同期，《说文解字》对鲞（刀鲚）、《尔雅》和《尔雅翼》对鱣（中华鲟）、鲟（白鲟）以及明朝李时珍的《本草纲目》对鲟鱼的生殖洄游均有详确的记载。在丰富的古籍文献中还许多常见海淡水鱼类的生活习性，作了正确的描述。值得一提的是，唐末刘岫的《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，将劳动人民对鱼类生态习性的认识和国计民生结合起来。这可能是鱼类生态学研究直接为发展国民经济服务的最早记录。

我国近代鱼类生态学，作为鱼类学的一个重要组成部分，萌生于本世纪30年代。但当时主要局限于淡水鱼类，而且，由于受国外鱼类生活史研究影响，重点局限于个体发生、生殖和发育等。例如，伍献文《鳙鱼生殖习性及其幼鱼之变态》、刘建康《鳙鱼之生长率及淡水鱼类生命史之研究》、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》、寿振黄等《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，都取得了相当有价值的研究成果，为鱼类生态学的发展打下了基础。

二、1949—1966年

新中国成立为渔业经济的发展开辟了道路。1952年，经过三年恢复，渔业年总产量就达到1660kt，超过历史（1936）最高记录的1500kt。至1957年，产量上升到3120kt。随着渔业经济飞速发展，鱼类资源和生态学调查研究被正式列入国家科研计划，专业研究机构相继成立，研究队伍迅速壮大。在1949—1966年间，鱼类生态学在我国获得了全面迅速的发展，取得了一批有价值的研究成果，主要包括以下几个方面：

1. 鱼类栖息环境的调查 在海水鱼类方面，首先对局部海区进行渔场生态环境的调查。例如，烟威外海鲈鱼渔场综合调查；黄河口、莱州湾、辽东湾、渤海湾、长江口、舟山群岛、吕泗外海等海区大、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筴鱼渔场以及南海北部湾底拖网渔场环境调查等。1958年以后，在全国近海还普遍开展了大规模综合性渔业调查。在淡水鱼类方面，对全国主要江河，如长江、黑龙江、黄河、淮河、闽江、珠江、澜沧江、怒江和若干湖泊（主要是湖北、江苏、安徽三省的湖泊）、水库（例如北京十三陵水库、黄河三门峡水库和长寿湖水库等）的生态环境和渔业生物学作了较为深入的调查研究。较为著名的有对黑龙江大麻哈鱼，长江的青、草、鲢、鳙鱼等以及钱塘江鲟鱼的繁殖习性和产卵场的调查。另外，还对梁子湖、太湖等典型浅水湖泊开始了鱼类生态环境的周年变化调查。

2. 经济鱼类生物学研究 海水鱼类有大黄鱼、小黄鱼、带鱼、鲈、鳕、太平洋鲱、红鳍笛鲷、鳀、金枪鱼等近20种；淡水鱼类有青、草、鲢、鳙、鲤、鲫、鳊、鮠、银鱼、江鳕、鳊、乌鳢、黄鳝等近30种；还有鲟鱼、鲚、松江鲈以及国外引进种——虹鳟、罗非鱼等，基本上弄清了这些鱼类的生物学特性。特别对青、草、鲢、鳙鱼的繁殖生态以及对大黄鱼、小黄鱼、带鱼、鲈、鳕、太平洋鲱的索饵、越冬和繁殖习性及其洄游规律有了初步掌握。

3. 种群生态研究 主要对海产重要经济鱼类大黄鱼、小黄鱼、带鱼的种群进行了较为深入的研究分析,基本弄清这三种鱼不同地方种群或生态种群的生物学特性、分布和洄游特点以及种群数量变动原因等。还对长江青、草、鲢、鳙、鳊等鱼的河湖洄游繁殖习性和种群(特别是鱼苗)数量变动和原因等作了调查研究。

4. 实验生态学研究 主要对一些淡水鱼类进行外界理化因子(温度、溶氧、盐度和重金属离子等)对鱼类生物学特性的影响以及鱼类适应特性的研究。

此外,在南海北部湾还开始了底层鱼类群聚结构的研究。

这些工作,为发展我国渔业生产提供了必要的环境数据,提出了合理利用和开发经济鱼类资源的途径和方法,并为制定渔业法规、繁殖保护条例、开展渔情预报、池养家鱼人工繁殖以及湖泊、水库增殖和新品种引进、驯养等工作提供了鱼类生态学依据。所提出的论著对我国渔业经济和鱼类生态学发展有一定影响的,淡水鱼类方面有: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》、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》、曹文宣、伍献文(1962)《四川西部甘孜阿坝地区鱼类生物学及渔业问题》、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素》、陆桂等(1964)《钱塘江鲟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》;海水鱼类方面有: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》、张孝威、徐恭昭(1960)《烟台外海鲈鱼资源变动的情况》、朱树屏(1960)《黄渤海区小黄鱼的洄游及有关环境因素》、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的研究》等。

三、1979年至今

自1958年开始,我国的渔业经济发展缓慢,渔业年总产量长期徘徊在2300—3000kt之间。这种状况直到70年代后期才得到改观。1978年达到4650kt。1979年以来,渔业年总产量以年增长率10.0%左右的速度上升。现已突破10Mt。同样,鱼类生态学研究工作在1967—1976年几乎完全停止。1973年开始缓慢恢复;自1979年以来则进展极为迅速,所取得的成果,主要体现在以下几方面:

1. 鱼类栖息环境调查的扩大和深入 在海水鱼类方面主要有:东海外海、南海大陆架和南海诸岛海域、闽南—台湾浅滩以及东海、南海深海鱼类资源和生态环境调查等。局部海区还开始水质污染与渔场破坏关系的调查。在淡水鱼类方面,深入到青藏、云贵高原和新疆等地区进行湖泊、河流和水库自然环境和鱼类资源的调查研究,并广泛开展水利建设工程,例如长江三峡、葛洲坝水利枢纽等对四大家鱼和中华鲟等经济鱼类资源和繁殖生态影响的调查。此外,湖泊污染影响鱼类和水生生物的调查也在全国许多地区开展着。

2. 经济鱼类生物学研究对象扩大 海水鱼类主要有鳙、鲮、梭鱼、海马、石斑鱼、蓝圆鲈、鲷、蓝点马鲛、黑鲷、舵鲈、绿鳍马面鲀等近40种;淡水鱼类有胭脂鱼、细鳞斜颌鲷、鲢、圆吻鲂、卷口鱼、花鲢、似刺鳊鮠、高原裸鲤、胡子鲶、长吻鮠等近30种;还有

溯河产卵的鲟、大麻哈鱼和香鱼等。

3. 种群生态研究 在海水鱼类方面, 主要对鲢、沙丁鱼、鲐、绿鳍马面鲀等种群数量变动和原因作了深入研究, 东海带鱼的种群生态研究有新的进展, 还对台湾海峡和北部湾二长棘鲷种群作了鉴别研究; 在淡水鱼类方面, 主要对长江长吻鮠、白甲鱼、西江的倒刺鲃、东江的鲤、青海湖裸鲤、滇池的鲫、抚仙湖的抗浪白鱼等数量变动以及水库凶猛鱼类演替规律和控制途径进行了研究。近年来还对长江、珠江、黑龙江鲢、鳙、草鱼自然种群的形态判别、生长性能、生化遗传变异以及种质资源保护问题作了较深入的研究。

4. 实验生态学研究 内容和对象都有了扩大。环境因子对鱼类生物学特性的影响, 已从淡水扩展到海水鱼类。还有, 为测试鱼类通过闸坝可能性而设计的鱼类克服流速能力和向流性行为试验, 蓝圆鲈和鲐的趋光行为研究等。同时, 野外生态和实验生态相结合的工作, 特别是应用电泳等新技术鉴定种群, 进行种群遗传生态的研究进展较快。

5. 群落、生态系最佳结构和功能研究 随着渔业资源的衰退, 开始对一些水体, 如太湖、洪湖进行维护物种多样性、防止鱼类小型化的专门研究。同时, 对中小型湖泊、海湾、浅滩等, 还重点进行以提高水体生产力为中心的综合生态研究, 达到既发展渔业、又兼顾优化环境的目的。这方面较为成功的, 最早有武昌东湖, 以后有湖北保安湖、江西陈家湖、安徽花园湖、江苏隔湖, 以及最近的东太湖等。近海方面, 较出色的有广东大亚湾、闽南—台湾浅滩综合生态研究等。此外, 还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特征, 包括多样性和优势种作了较深入的研究。

这些工作在发展我国外海、远洋捕捞、寻找新渔场、保护水域环境、合理开发和利用外海和高原湖泊鱼类资源、保护近海和淡水捕捞资源、促进水利建设和水库综合利用、扩大海、淡水养殖品种、保护种质资源、控制水库凶猛鱼类以及提高水体鱼产力和多种类渔业管理等方面起了很重要的作用。特别值得提及的是近年来开展的对湖泊、海湾综合生态研究, 既取得了明显增产效果, 又在优化环境方面进行了探索, 促进了水体生态系基础理论的研究。这对于合理开发、利用湖泊、海湾等水体资源, 提供了生态学依据和优化模式。这一阶段提出的已经获得鱼类生态学界注意的论著有:《长江鱼类》、《青海湖地区的鱼类区系和青海湖裸鲤生物学》、《长吻鮠的种群生态学及其最大持续渔获量的研究》、《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》、《长江、珠江、黑龙江鲢、鳙、草鱼种质资源研究》、《南海北部大陆架底栖鱼群聚的多样性以及优势种区域和季节变化》、《海洋渔业生物学》、《闽南—台湾浅滩渔场上升流区生态系研究》和《大亚湾环境与资源》等。

四、现状和前景

当前, 开创社会主义现代化建设的新形势为鱼类生态学在我国的发展提出了明确的任务和开辟了广阔的道路。我国沿海有长达18000km的海岸线和5000多个大小不等的岛屿; 内陆江河纵横, 湖泊、水库、池塘星罗棋布, 总水面约3亿亩, 是世界上淡水水面最多的国家之一; 鱼类种数近2900种, 其中淡水鱼约800种; 海淡水经济鱼类计有400多种。有这么丰富的物质基础, 发展渔业事在人为。鱼类生态学在水产科学中是一门与渔业经济密切联系的基础学科, 在推动我国渔业经济高速发展中具有重要的作用, 加强这一学科的发

展是顺应时代潮流、必然的趋势。

然而，就现状分析，我国鱼类生态学研究基础较差。近年来虽有较大进展，但远不适应开创社会主义现代化建设新局面的需要，与国际先进水平相比，也存在较大差距，主要表现在：我国鱼类生态学研究往往偏重于寻觅经济种和个体生物学研究；种群生态研究尚限于少数重要经济种；在种群、群落和水域生态系基础理论研究方面还存在一些薄弱环节和空白领域；缺乏从渔业经济角度就整个水域鱼类群落系统作全面性探讨；鱼类实验生态研究开展较少；采用现代数、理、化科学新技术、新理论和新方法十分不够；水域生态系室内模型化研究和野外试验性变更研究尤为欠缺。因此，迅速改变这种局面，为开创我国渔业经济高速度发展的新局面作出贡献，是我国鱼类生态学工作者当前面临的迫切任务。

根据上述任务和我国的实际情况，发展鱼类生态学应提倡普及与提高相结合，应用研究和理论研究并重的方针。当前，要大力提倡采取新的科学技术、理论和方法，使鱼类个体生态研究提高到一个新的水平，并逐步地使研究重点转到种群、群落和生态系的研究方面。研究内容，要密切配合我国渔业经济发展需要，为恢复近海和淡水捕捞资源、发展海淡水增养殖、实现渔业生产农牧化、发展外海和远洋捕捞以及渔业科学管理方面，提供鱼类生态学依据。在普及方面，要举办各种类型的生态学讲习班，进一步培养人材、壮大队伍。在普及基础上的提高，需要扎扎实实开展基础理论研究，特别是在鱼类种群数量动态、群落结构多样化以及水域生态系结构和功能等综合研究方面，努力吸收当前国外鱼类生态学的新理论、新技术和新方法，在研究内容、对象、方法和手段等方面，要敢于创新、敢于实践，为把我国鱼类生态学研究推向世界先进水平，为高速度发展我国渔业经济作出贡献。

思考和练习

请对以下三个问题阐述你的见解。

1. 鱼类生态学在国内外发展简史和今后趋向。
2. 鱼类生态学的研究内容和重点。
3. 当代我国鱼类生态学工作者的任务和完成这一任务的对策。

专业词汇解释：

Fish Ecology, Autecology, Population Ecology, population, community, ecosystem, mathematical simulation.

第一章 年 龄

年龄鉴定被认为是研究鱼类生物学和生态学特性的基础，也是分析和评价鱼类种群数量变动趋势的基本依据之一。譬如，研究鱼类的生长、摄食、繁殖、洄游等各种生命机能，若不与年龄相联系，就无法了解它们在整个生活史的不同阶段与外界环境的联系特点和变化规律。这样，也就无法在渔业生产实践中利用这些规律。为此，本书将年龄列为第一章，将重点介绍依据鳞片等材料鉴定鱼类年龄的方法及其理论基础和意义，为以后各章的学习打下基础。

第一节 生活史、发育期和寿命

一、生活史及其发育期的划分

鱼类的生活史 (Life history) 是指精卵结合，直至衰老死亡的整个生命过程，亦称生命周期。鱼类的生活史可以划分为若干个不同的发育期(图1—1)。各发育期在形态构造、生态习性以及与环境的联系方面各具特点。现以占鱼类绝大多数的卵生硬骨鱼类为例，简介如下：

1. 胚胎 (embryo) 期 当精子进入卵膜孔，精卵完成结合过程，即标志着胚胎期的开始。此期特点是仔胚发育仅限于卵膜内，因此亦称卵 (egg) 发育期。仔胚发育所需营养完全依靠卵黄，与环境联系方式，主要和呼吸及敌害掠食相关。

2. 仔鱼 (larva) 期 仔胚孵化出膜，便进入仔鱼期。初孵仔鱼体透明，血液常无色素，眼色素部分形成或未形成，各鳍呈薄膜状、无鳍条，口和消化道发育不完全，有一个大的卵黄囊作为营养来源。这个阶段，又特称为卵黄囊期仔鱼 (yolk-sac larva)，以往称为前期仔鱼 (prelarva)；此期与环境联系方式，仍以呼吸和防御敌害掠食为主，和胚胎期不同的是：卵黄囊期仔鱼开始具有避敌能力和行为特性。此后，随着仔鱼的进一步发育，眼、鳍、口和消化道功能逐步形成，鳃发育开始，巡游模式建立，仔鱼开始转向外界摄食。此期仔鱼一般均营浮游生活方式，与浮游生物生活在同一水层，溶氧条件获得改善，与外界联系方式逐步转向以营养和御敌为主。

3. 稚鱼 (juvenile) 期 当仔鱼发育到体透明等仔鱼期特征消失，各鳍鳍条初步形成，特别是鳞片形成过程开始，便是进入稚鱼期的标志。早期稚鱼一般仍营浮游生活方式，到后期才转向各类群自己固有的生活方式。此期与外界联系方式以营养和御敌为主。

卵 (胚胎)、仔鱼和稚鱼这三个发育期，统称为鱼类早期生活史 (Early Life History of Fish, ELHF) 阶段 (见第六章)。这一阶段的命名在学术界尚有不同的见解。现将目前认可的命名和其它一些有代表性的命名列表1—1：

(1) 多数学者主张以“孵化”作为卵和仔鱼期的划分界限，但也有使用“胚胎”一

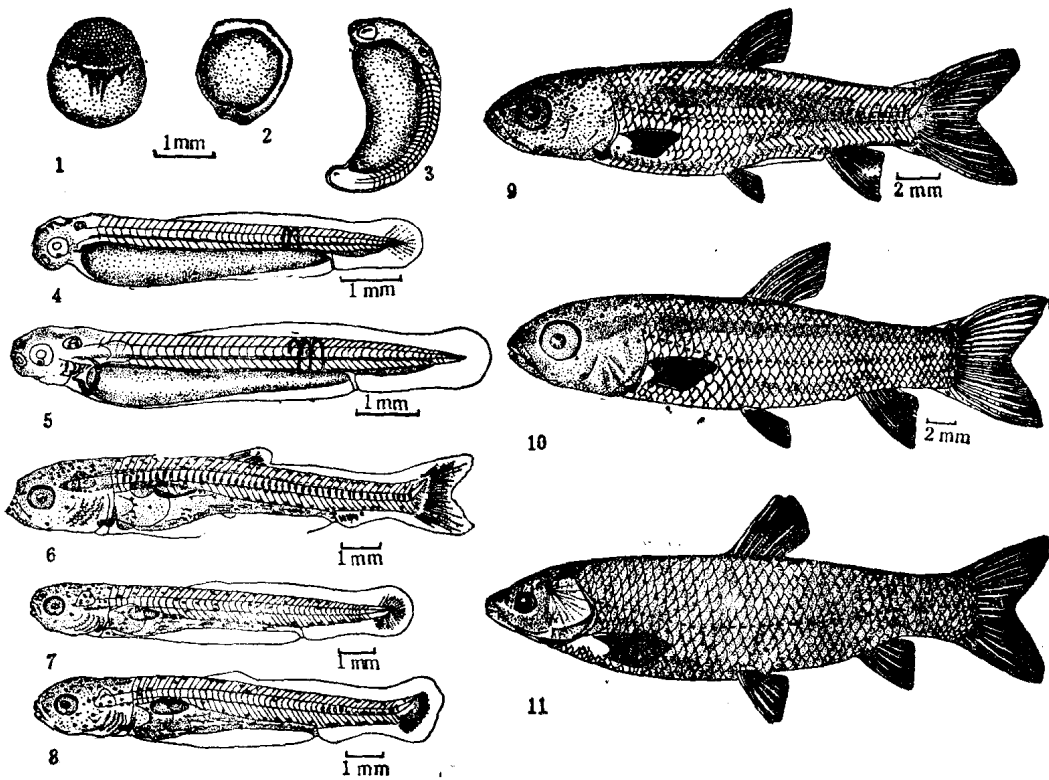


图 1—1 草鱼的生活史

1—3. 卵 (卵膜未画, 包括卵膜的卵径约 4.5—5.5mm) 4—8. 仔鱼 9. 稚鱼 10. 幼鱼 11. 成鱼
 1. 囊胚期, 示卵发育早期 2. 胚孔关闭期, 示进入卵发育中期 3. 尾芽游离期, 示进入卵发育晚期
 4. 初裂期 5. 鳃丝出现期 4—5. 示卵黄囊期仔鱼 6. 弯曲后期 7. 弯曲前期 8. 弯曲期
 (1—10选自易伯鲁等, 1988)

表 1—1 鱼类早期生活史阶段命名
 (从股名称, 1991)

基本发育期	卵			仔 鱼				稚 鱼				
	早期	中期	晚期	卵黄囊期	弯曲前期	弯曲期	弯曲后期	变形期	浮游期	稚鱼期		
其它 命名	Hubbs, 1943 ⁽¹⁾ , 1952 ⁽¹⁾			胚胎		前期仔鱼		后期仔鱼		前期稚鱼	稚 鱼	
	Sette, 1943 ⁽¹⁾			卵		卵黄囊仔鱼		仔 鱼		后期仔鱼		
	Nikolsky, 1963 ⁽¹⁾			胚胎			仔 鱼		性未成熟鱼			
	Hattori, 1970 ⁽¹⁾			卵		前期仔鱼		仔 鱼		稚 鱼		
	Balon, 1975 ⁽¹⁾			卵	胚胎	自由胚原鳍仔鱼		鳍条期仔鱼		稚 鱼		
	Snyder, 1976 ⁽¹⁾ , 1981 ⁽¹⁾			卵		初期仔鱼		中期仔鱼	变态仔鱼		稚 鱼	
分期界限和标志			产卵	胚孔关闭	尾芽游离	孵化	卵黄吸收	脊索弯曲	弯曲完成	变态开始	鳞片出现	(2) (3)

注: (1) 原始文献见 Kendall et al. (1984)

(2) 体型、色素、习性等均符合稚鱼特点, 例如, 底层性鱼类, 此时开始转入底栖

(3) 体型、色素、习性等完全与成鱼相似