

# 水生生物与物理因子

章之蓉 谢瑞生 何家林等 著



科学出版社



# 水生生物与物理因子

章之蓉 谢瑞生 何家林等 著

“七·五”国家攻关项目“理化因子提高罗非鱼抗寒力的研究”

项目批准号：75-06-02-09-06

国家自然科学基金项目“物理诱导鱼类对低温适应的研究”

项目批准号：38880245

国家自然科学基金项目“声对水生生物的影响与作用的研究”

项目批准号：18975052

国家自然科学基金项目“激光对水生生物诱变与增殖作用的研究”

科学出版社

1994

(京)新登字 092 号

## 内 容 简 介

本书介绍应用物理学的原理和方法,研究某些物理因子对水生生物的作用,产生某些生物物理效应,为渔业增殖提供新技术和新方法。全书分为三篇:第一篇,磁场对水生生物的作用;第二篇,声与水生生物;第三篇,激光对水生生物的刺激作用。本书对现代生物物理研究和高科技渔业发展有一定意义。可供从事生物学、生物物理学、渔业的科研、教学人员参考。

### 水生生物与物理因子

章之蓉 谢瑞生 何家林等 著

责任编辑 陈映霞

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

广州胶印服务部印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经销

1994年10月第一版

开本:850×1168 1/32

1994年10月第一次印刷

印张:7.5

印数:0001—2 000

字数:174 800

ISBN 7-03-004445-2/Q·551

定价:12.0元

## 序

随着科学的发展，人们对事物的认识也在不断地深化。其结果是，一方面科学的学科分支越来越细，并且互相渗透，派生出许许多多新的边缘学科；另一方面从理论上和从物质的基本结构和运动规律上，各大学科又在逐步统一，相互兼并。

毫无疑问，物理学是研究物质世界根本规律的科学。近二三十年，从探索生命系统发展起来的非平衡态统计物理学和非线性科学，不仅丰富了物理学本身，同时也将被更广泛地运用于研究复杂的、高级形式的物质运动规律，如生命起源、物种进化和神经功能等等生物学中的基本问题。生物学和物理学都将朝着将物理世界和生命世界统一起来的目标前进。

生物学的进步，加深了人们对突变遗传在生物进化中的意义的认识。40 亿年的生命发展史，就是理化因子引起的基因突变、生物的自我复制和环境的自然选择交互作用的结果。人工诱变和定向选育将大大加速生物进化的自然过程。当科学发展到能较准确地定量、定向控制各类物理因子和对生物大分子的结构与功能又有较正确的认识的今天，诱变育种技术正在农业的各个领域发挥着越来越重要的作用。

我国是世界第一渔业大国，1992 年的水产品产量达 1 500 万吨，约占全世界总产量的十分之一，而其中养殖产量接近全世界

养殖产量的一半。丰富的自然资源和悠久的文明历史,为我们提供了诸如草、青、鲢、鳊四大家鱼等优良的养殖对象,是我国水产事业位居国际领先的重要物质基础。近年来,新的养殖品种的驯化和引进,细胞工程和基因工程等生物技术在品种改良中的应用,有力地促进了我国水产业的发展。但与农作物育种相比较,应用生物物理技术开展水产养殖品种的诱变育种研究,则显得相对薄弱,有待加强。

《水生生物与物理因子》一书,总结了作者近10年来在声、光、磁等物理因子对鱼、虾、贝、藻等水生生物的作用及其机理的研究结果,并对国内外的有关研究进行了评述。该书的出版不仅丰富了我国生物物理学的内涵,而且可以直接为水产增养殖技术的改进提供科学依据和实用方法。特此推荐,以饯读者。

徐金存

1994年8月8日

## 前 言

物理学是研究物质的结构和性质、研究物质在空间和时间上存在形式的科学。生物学是研究生命现象的科学。20 世纪后半叶，物理学、化学和生物学都统一到分子生物学这门学科之中。这门学科揭示了生命基本现象的物理和化学本质。

生命系统具有两个主要的特性：第一，它们是不断地与外界交换物质和能量的开放系统；第二，它们有自己的演变历史。每个细胞、每种生物体都随时间的进展而变化，它目前的状态是个体本身发育和进化演变的结果。

根据生物学、生物化学和生物物理学的现代知识，我们可以认为：生物体是一个开放的具有自身调节功能 and 自我复制能力远离平衡的系统，它以不可逆的方式发展。生物体的出现是个体发育和进化演变的结果：它是由多种大小不一的分子所组成的非均质系统。生物体中最重要的物质是生物聚合物，如蛋白质和核酸大分子等。

达尔文物种进化论最重要的内容就是生物的进化与外界环境的变化有着极密切的关系。正是为了适应外界环境的变化，生物才不断地改变着自己，适者生存下来，不适者被淘汰。也正是由于这样，在不断完善自身的过程中生物体才得以进化。这些外界条件主要就是理化因子，诸如磁场、光照、电场、温度（气温、水

温)、盐度、压力、辐照等。对于水生生物来说,水中各种成分的变化尤为重要,这一切都将影响到生物体的形态和性状。但自然界这些环境因素的变化是很微弱、很缓慢的。自从人类社会进入文明时代,许多人为因素要比自然界的变化大得多,这就加剧了对生物体的冲击,许多生物面临着死亡与生存适应性变异的选择。

几年来,我们主要研究水生生物在外界理化因子(主要是物理因子)的影响下如何产生相应变异,以寻找对水生生物生长、繁殖的有利条件。在我们的研究工作中已初步表明这些条件确实存在着,而且所产生的变异相当明显。

有人把经过磁场、光(激光)、超声场、电场和射线辐照等处理过的水称为加工水或活化水。这些经过特殊条件处理的加工水,对水生生物如鱼、虾、贝、藻等都可以在一定条件下产生增产增殖的效果。

如果把磁场、激光、声、电、压力、射线直接作用于生物体,它产生的效应更加明显。例如,将 He-Ne 激光直接照射鱼体,超声波直接处理鱼和受精卵,能使它们发生某些变异。只要条件控制适当,就会朝着我们所期望的方向发生变异。这就为我们在渔业生产中找到一条增产的途径,这种方法还可避免化学污染。

我们需要解决的另一个重要课题是探讨变异的机理。从宏观上看,理化因子对生物体的作用都与外界能量有关。有的是能量直接导入生物体的内部,如激光可以直接通过表层(如表面皮肤、卵膜等),超声波可以穿过生物体表层达到生物体内部(透入程度甚至可以直接达到鱼体的内部器官如脑部)。磁场、电场也都是如此。这些能量的导入,可以大大激发生物体内某些组织和分子组分(如酶、蛋白质、染色体、细胞、基因等)的变化。我们对 He-

Ne 激光辐照鱼卵孵化出的小鱼鱼体进行电镜观察,可观察到其细胞组织的差异(质膜增厚、高尔基体发达等)。我们对磁处理后的鱼体进行若干种酶的测定,表明酶活性发生了变化。这些初步结果表明,外部能量(物理因子)对它们确实起了作用。如果我们将几种物理因子都施加在一个生物体上,会产生什么样的情况?几种效应会是简单的相加还是产生相互抑制作用,或是产生更复杂的情况?这是十分有趣的课题。例如,我们将磁场与激光结合起来作用于鱼体,结果增强了鱼体抗寒性和抗病力。我们还利用多种物理方法治疗鱼病,使患病的鱼得以痊愈。这些研究表明,多种物理因子的综合作用,当条件配合恰当的时候,对水生生物的作用效果更好,会在生物体内产生良好的效应。这些有趣的课题,有待进一步的研究。

我们研究的宗旨是寻求物理因子对生物体作用的“适当剂量”和“适当方法”,以便使导入的外界能量促使生物体向有利的方面产生变异,达到高产的目的。许多研究表明,任何一种物理因子对生物体的影响都是非单值性的,不仅与生物体本身的生理反应有关,而且与物理因子的性质、强度、导入方式以及物理因子之间的相互关系有关,是一门多学科交叉作用的问题。

本书仅仅是我们这几年的初步工作总结,希望能得到同行及各界朋友的支持,以促进物理因子对生物影响的研究与应用。

作 者



# 目 录

|                               |       |
|-------------------------------|-------|
| 序 .....                       | (i)   |
| 前言 .....                      | (iii) |
| <b>第一篇 磁场对水生生物的作用</b>         |       |
| 第一章 磁生物学效应研究概况 .....          | (3)   |
| 一、生物磁学在水生生物中的应用及研究进展 .....    | (4)   |
| 二、生物磁学若干问题的研究 .....           | (6)   |
| 三、磁处理的生物效应 .....              | (17)  |
| 第二章 磁场和磁场处理水对鱼类生长和繁殖的影响 ..... | (23)  |
| 一、磁场和磁场处理水对尼罗罗非鱼生长的影响 .....   | (23)  |
| 二、磁场和磁场处理水对中华乌塘鳢幼鱼生长的影响 ..... | (26)  |
| 三、磁场和磁场处理水对加州鲈鱼生长的影响 .....    | (29)  |
| 四、磁场和磁场处理水对观赏鱼孵化和生长的影响 .....  | (31)  |
| 五、磁场和磁场处理水对胭脂鱼生长的影响 .....     | (34)  |
| 第三章 磁场和磁场处理水对虾类孵化和生长的影响 ..... | (37)  |
| 一、磁场和磁场处理水对罗氏沼虾育苗的影响 .....    | (37)  |
| 二、磁场和磁场处理水对斑节对虾育苗的影响 .....    | (38)  |
| 第四章 磁场处理水对单细胞藻类的作用 .....      | (41)  |
| 一、磁场处理水对单细胞藻类生长的作用 .....      | (42)  |
| 二、作用机理的探讨 .....               | (47)  |

|                                  |      |
|----------------------------------|------|
| 三、磁场处理水对单胞藻繁殖周期的影响·····          | (50) |
| 第五章 磁场和磁场处理水对鱼类抗寒、抗病力的影响·····    | (55) |
| 一、磁场和磁场处理水对奥利亚罗非鱼耐寒力的影响·····     | (55) |
| 二、磁场对天使鱼(神仙鱼)抗寒力的作用·····         | (61) |
| 三、磁场和磁场处理水对鱼类抗病力的影响·····         | (63) |
| 第六章 磁场对水生生物作用的机理初探·····          | (66) |
| 一、磁场处理水对草鱼血液五项指标及鲤鱼红细胞溶解的影响····· | (66) |
| 二、磁场和磁场处理水对奥利亚罗非鱼酶活性的影响·····     | (72) |
| 三、磁场对生物膜渗透压的影响·····              | (74) |
| 四、磁场对水的物化性质的影响·····              | (75) |
| 第七章 BM 系列水产养殖磁场处理器·····          | (78) |
| 一、水产养殖磁处理器设计的一般原理·····           | (79) |
| 二、BM 系列水产养殖磁处理器的特点·····          | (81) |
| 参考文献·····                        | (86) |

## 第二篇 声与水生生物

|                              |       |
|------------------------------|-------|
| 第八章 声生物(水生生物)学的意义·····       | (91)  |
| 第九章 鱼类的听觉与发声·····            | (94)  |
| 一、听觉·····                    | (94)  |
| 二、发声·····                    | (100) |
| 第十章 水生生物对人工声音的行为反应及其应用·····  | (110) |
| 一、声行为反应的意义·····              | (110) |
| 二、声音(包括超声)对水生生物发育、生长的影响····· | (112) |
| 三、声学在水生生物中的应用前景·····         | (113) |
| 参考文献·····                    | (134) |

### 第三篇 激光对水生生物的刺激作用

|                                           |       |
|-------------------------------------------|-------|
| 第十一章 激光生物效应·····                          | (140) |
| 一、激光的特性与生命过程·····                         | (140) |
| 二、激光生物效应的假设物理模式解释·····                    | (142) |
| 三、激光生物共振吸收效应·····                         | (143) |
| 四、激光生物热效应·····                            | (144) |
| 五、激光生物畸变现象·····                           | (147) |
| 六、激光的阈值、最佳值和致伤值·····                      | (148) |
| 第十二章 激光对鱼类胚胎发育的影响·····                    | (149) |
| 一、激光辐照促进鱼类胚胎发育的几种假说·····                  | (149) |
| 二、Me-Ne 激光剂量对鱼类胚胎个体形态发育的影响<br>·····       | (150) |
| 三、He-Ne 激光辐照对鱼类胚胎发育各期的影响·····             | (151) |
| 四、He-Ne 激光辐照对天使鱼胚胎孵化率和死亡率的<br>影响·····     | (152) |
| 五、He-Ne 激光辐照剂量对鱼类胚胎畸形的影响·····             | (156) |
| 六、脉冲激光辐照对天使鱼卵、塘虱鱼卵和金鱼卵孵化<br>率的影响·····     | (157) |
| 七、脉冲激光辐照对大鳞副泥鳅鱼胚胎发育的影响·····               | (160) |
| 第十三章 He-Ne 激光辐照天使鱼卵对仔鱼细胞亚显微结<br>构的影响····· | (170) |
| 一、细胞核(N)和核被膜(Nm)的变化·····                  | (170) |
| 二、内质网(Endoplasmic Reticulum)的变化·····      | (171) |
| 三、高尔基体(Golgi Body)的变化·····                | (171) |
| 四、线粒体(Mitochondria)的变化·····               | (172) |

|                                |       |
|--------------------------------|-------|
| 第十四章 He-Ne 激光辐照对幼鱼生长及幼鱼基本生化组   |       |
| 分的影响·····                      | (183) |
| 一、尼罗罗非鱼碱性磷酸酶的变化·····           | (183) |
| 二、尼罗罗非鱼氧化酶的变化·····             | (185) |
| 三、尼罗罗非鱼细胞色素 c 的变化·····         | (186) |
| 四、尼罗罗非鱼蛋白水解酶的变化·····           | (187) |
| 五、尼罗罗非鱼 $\beta$ -淀粉酶活性的变化····· | (189) |
| 六、孔雀鱼几种消化酶活性的变化·····           | (190) |
| 七、对尼罗罗非鱼内分泌系统的影响·····          | (191) |
| 八、对尼罗罗非鱼的体长、体重、生长速度和加速度        |       |
| 的影响·····                       | (191) |
| 九、对孔雀鱼生长的影响·····               | (198) |
| 第十五章 He-Ne 激光辐照提高鱼类的抗寒力和抗病力··  | (202) |
| 一、提高奥利亚罗非鱼的抗寒力·····            | (202) |
| 二、提高尼罗罗非鱼的抗病力·····             | (205) |
| 三、提高孔雀鱼的抗病力·····               | (207) |
| 第十六章 其 他·····                  | (209) |
| 一、He-Ne 激光辐照对孔雀鱼性腺发育和繁殖的影响     |       |
| ·····                          | (209) |
| 二、He-Ne 激光辐照对观赏鱼颜色的影响·····     | (211) |
| 三、激光微束技术在水生生物控制工程中的应用·····     | (212) |
| 参考文献·····                      | (216) |
| 英文摘要·····                      | (219) |

# CONTENTS

|                                                                                                                                |       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| <b>Preface</b> .....                                                                                                           | (i)   |
| <b>Forword</b> .....                                                                                                           | (iii) |
| <b>1st Section The Action of Magnetic Field on Aquatics</b>                                                                    |       |
| Chapter 1 The General Research Situation in Biomagnetic Effects .....                                                          | (3)   |
| 1. The Application and Advance of Biomagnetism in Aquatics .....                                                               | (4)   |
| 2. The Study on some Questions in Biomagnetics .....                                                                           | (6)   |
| 3. The Biological Effect by Magnetic Field Treatment .....                                                                     | (17)  |
| Chapter 1 The Effects of Magnetic Field and Water Treated by Magnetic Field on Growth and Breeding of Fishes .....             | (23)  |
| 1. The Effects of Magnetic Field and Water Treated by Magnetic Field on <i>Oreochromis nilotica</i> .....                      | (23)  |
| 2. The Effects of Magnetic Field and Water Treated by Magnetic Field on Growth of Larvae of <i>Bostrichthys sinensis</i> ..... | (26)  |
| 3. The Effects of Magnetic Field and Water Treated                                                                             |       |

|                                                                                                                                                   |      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| by Magnetic Field on Growth of <i>Micropterus al-</i><br><i>eides</i> .....                                                                       | (29) |
| 4. The Effects of Magnetic Field and Water Treated<br>with Magnetic Field on Hatching and Growth of<br>Ornamental Fishes .....                    | (31) |
| 5. The Test by Magnetic Field and Water Treated by<br>Magnetic Field for Growth of <i>Myxocyprinus asiaticus</i><br>.....                         | (34) |
| Chapter II The Effects of Magnetic Field and Water<br>Treated by Magnetic Field on Hatching Eggs<br>and Growth of Shrimp .....                    | (37) |
| 1. The Effects of Magnetic Field and Water Treated<br>with Magnetic Field on Larvae Culture of <i>Macrob-</i><br><i>rachium rosenbergii</i> ..... | (37) |
| 2. The Effects of Magnetic Field and Water Treated<br>by Magnetic Field on Larvae Culture of <i>Penaeus</i><br><i>monodon</i> .....               | (38) |
| Chapter IV The Actions of Water Treated by Magnetic<br>Field on Unicellular Algae .....                                                           | (41) |
| 1. The Actions of Water Treated by Magnetic Field<br>on Growth of Unicellular Algae .....                                                         | (42) |
| 2. Discussions on the Mechanism of Action with Mag-<br>netic Field .....                                                                          | (47) |
| 3. Cyclical Effects of Water Treated by Magnetic Field<br>on Breeding of Unicellular Algae .....                                                  | (50) |

|             |                                                                                                                                                                                 |      |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Chapter V   | The Actions of Magnetic Field and Water Treated with Magnetic Field on Cold-Resistance and Disease Resistance of Fishes .....                                                   | (55) |
| 1.          | The Effects of Magnetic Field and Water Treated by Magnetic Field on Cold-Resistance of <i>Oreochromis aureus</i> .....                                                         | (55) |
| 2.          | The Effects of Magnetic Field on Cold-Resistance of <i>Pterophyllum eimekei</i> .....                                                                                           | (61) |
| 3.          | The Effects of Magnetic Field and Water Treated with Magnetic Field on Disease-Resistance of Fishes .....                                                                       | (63) |
| Chapter VI  | A Preliminary Discussion on the Mechanism of Action of Magnetic on Aquatic .....                                                                                                | (66) |
| 1.          | The Effects of Water Treated by Magnetic Field on Five Targets in the Brood of <i>Ctenopharyngodon idellus</i> and the Disolution of Red Cell in <i>Carassius auratus</i> ..... | (66) |
| 2.          | The Effects of Magnetic Field and Water Treated by Magnetic Field on Enzyme Activity of <i>Oreochromis aureus</i> .....                                                         | (72) |
| 3.          | The Effects of Magnetic Field on Biological Membrane Osmotic Pressure .....                                                                                                     | (74) |
| 4.          | The Effects of Magnetic Field on Physical and Chemical Properties of Water .....                                                                                                | (75) |
| Chapter VII | BM Series Aquaculture Magnetizer .....                                                                                                                                          | (78) |

|                                                                                            |       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 1. General Design Principle of the Aquaculture Magnetizer .....                            | (79)  |
| 2. The Feature of BM Series Aquaculture Magnetizer .....                                   | (81)  |
| Reference .....                                                                            | (86)  |
| <b>2nd Section Sound and Aquatics</b>                                                      |       |
| Chapter VII Bioacoustics Sense .....                                                       | (91)  |
| Chapter X Sense of Hearing and Voice of Fishes .....                                       | (94)  |
| 1. Sense of Hearing .....                                                                  | (94)  |
| 2. Voice .....                                                                             | (100) |
| Chapter X The Behaviour of Aquatics to Synthetic Voices and Its Application .....          | (110) |
| 1. The Significance of Response in Voice Behaviour .....                                   | (110) |
| 2. The Effects of Sound (Including Ultrasound) on Development and Growth of Aquatics ..... | (112) |
| 3. The Prospects of Acoustic Applications in Aquatics .....                                | (113) |
| Reference .....                                                                            | (134) |
| <b>3th Section The Stimulative Action of Laser on Aquatics</b>                             |       |
| Chapter XI Laser Biological Effects .....                                                  | (140) |
| 1. The Features of Laser and Life Process .....                                            | (140) |
| 2. A Hypothetic Physical Explanation for Laser Biological Effects .....                    | (142) |
| 3. The Resonant Absorptive Effect of Organisms with                                        |       |



|                                                                                                                                                                           |       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Laser .....                                                                                                                                                               | (143) |
| 4. The Thermal Effect of Organisms with Laser ...                                                                                                                         | (144) |
| 5. The Distortion of Organisms with Laser .....                                                                                                                           | (147) |
| 6. Values of Laser Threshold, Optimum and Injuries<br>.....                                                                                                               | (148) |
| Chapter X The Effects of Laser on Development of Fish<br>Embryo .....                                                                                                     | (149) |
| 1. Several Hypotheses about Promoting Fish Embryo<br>Development by Laser Irradiation .....                                                                               | (149) |
| 2. The Effects of He-Ne Laser Dosage on Individual<br>Shape Development of Fish Embryo .....                                                                              | (150) |
| 3. The Effects of He-Ne Laser Irradiation on Fish<br>Embryo in Different Developmental Periods .....                                                                      | (151) |
| 4. The Effects of He-Ne Laser Irradiation on <i>Ptero-<br/>phyllum eimekei</i> Embryo for the Hatching Rate and<br>Death Rate .....                                       | (152) |
| 5. The Influence of He-Ne Laser Irradiation Dosage<br>on Embryo Distortion .....                                                                                          | (156) |
| 6. The Influence of Pulse Laser Irradiation on Hat-<br>ching Rate Zygotes of <i>Pterophyllum eimekei</i> ,<br><i>Clarias batrachus</i> and <i>Carassius auratus</i> ..... | (157) |
| 7. The Influence of Pulse Laser Irradiation on <i>Para-<br/>misgurnus dabryanus</i> Embryo Development .....                                                              | (160) |
| Chapter X The Effects of He-Ne Laser Irradiation<br><i>Pterophyllum eimekei</i> Zygotes on Cell                                                                           |       |