

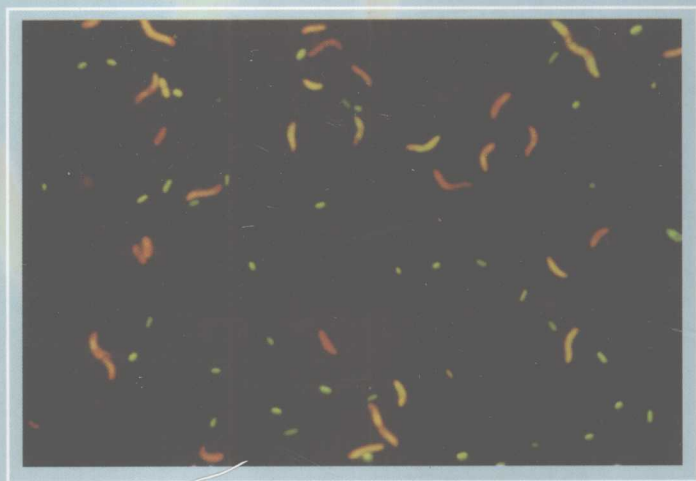
海洋生命科学丛书

“十一五”国家重点规划图书

海洋微生物学

MARINE MICROBIOLOGY

张晓华 主编



中国海洋大学出版社
CHINA OCEAN UNIVERSITY PRESS

海洋微生物学

主 编	张晓华		
副主编	李 筠	纪伟尚	陈吉祥
编 者	张晓华	李 筠	纪伟尚
	陈吉祥	李秋芬	莫照兰
	韩 茵	祁自忠	贾爱荣
	王树杉	金 光	孙铂光
	王 燕	庞玲玲	王淑娴
	兰建新	白方方	王 影
	杜 萌	吕俊超	

中国海洋大学出版社

· 青岛 ·

内容提要

本书主要由中国海洋大学从事海洋微生物学教学和科研的人员参考国内外最新文献并结合自己的教学和科研实践编写而成。全书包括海洋环境中的微生物、海洋原核生物的结构与生物学特性、海洋细菌、海洋古菌、海洋真核微生物、海洋病毒、海洋微生物在海洋生态系统中的作用、海洋环境中活的非可培养(VBNC)状态细菌、鱼类的微生物病害、海洋微生物的利与弊、海洋微生物的采样技术、海洋细菌的定性和定量检测技术、海洋微生物的分离与培养技术、海洋细菌的分类与鉴定技术等 14 章。

本书可作为海洋生物学、水产学、海洋学、海洋环境学、海洋生态学、海洋化学、海洋地质学、海洋药物等相关专业开设的高年级本科生和硕士研究生海洋微生物学课程的教材,也可供相关专业研究人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

海洋微生物学/张晓华主编. —青岛:中国海洋大学出版社, 2007. 8

ISBN 978-7-81125-043-5

I. 海… II. 张… III. 海洋微生物 IV. Q939

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 115826 号

出版发行	中国海洋大学出版社	
社 址	青岛市香港东路 23 号	邮政编码 266071
网 址	http://www2.ouc.edu.cn/cbs	
电子信箱	hdcbcs@ouc.edu.cn	
订购电话	0532-82032573(传真)	
责任编辑	魏建功	电 话 0532-85902121
印 制	日照报业印刷有限公司	
版 次	2007 年 12 月第 1 版	
印 次	2007 年 12 月第 1 次印刷	
成品尺寸	170 mm×230 mm	
彩 页	8	
印 张	24	
字 数	449 千字	
定 价	39.00 元	

海洋生命科学书系

编委会

主 任 董双林

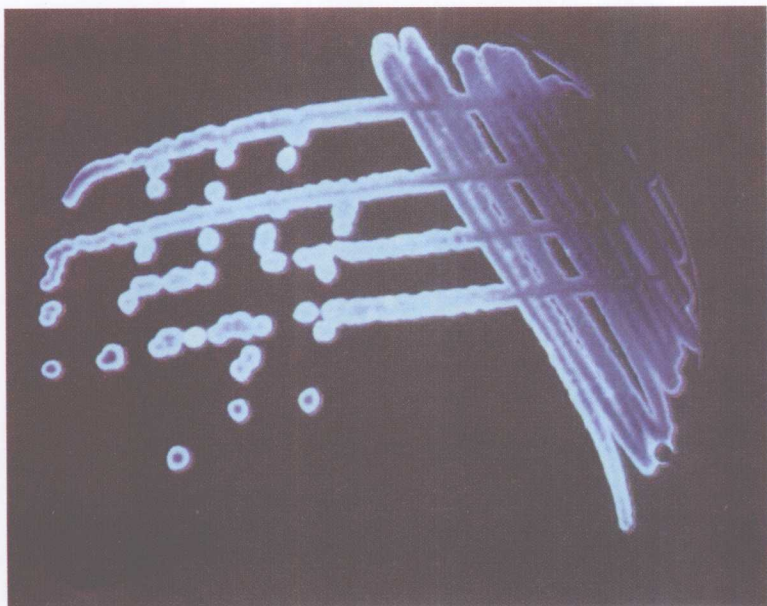
副主任 张全启 王曙光

委 员 (按姓氏笔画为序)

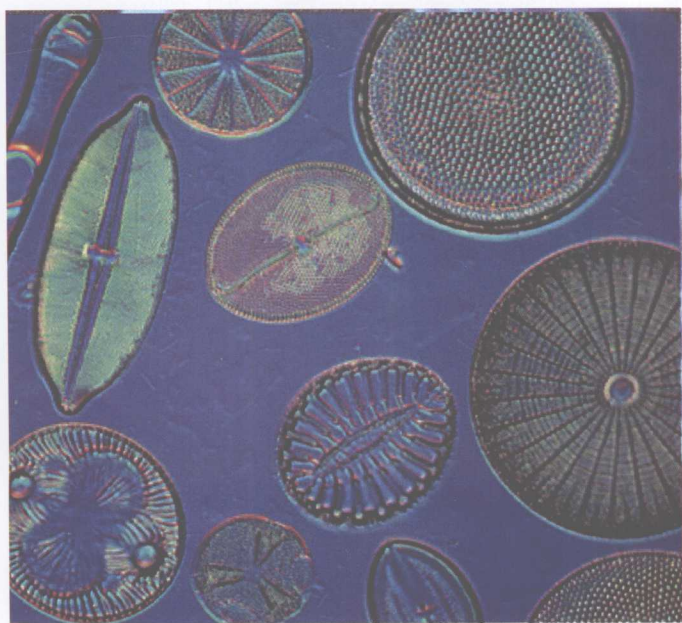
王曙光 朱丽岩 杨德渐 张全启

张晓华 茅云翔 唐学玺 隋正红

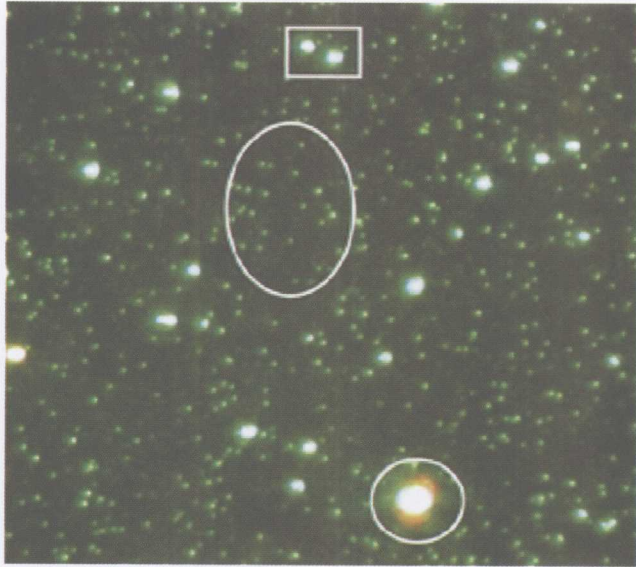
董双林 樊廷俊



彩色图版1 (第3章) 哈维氏弧菌 (*Vibrio harveyi*) 的发光现象
(引自Thompson et al., 2006)

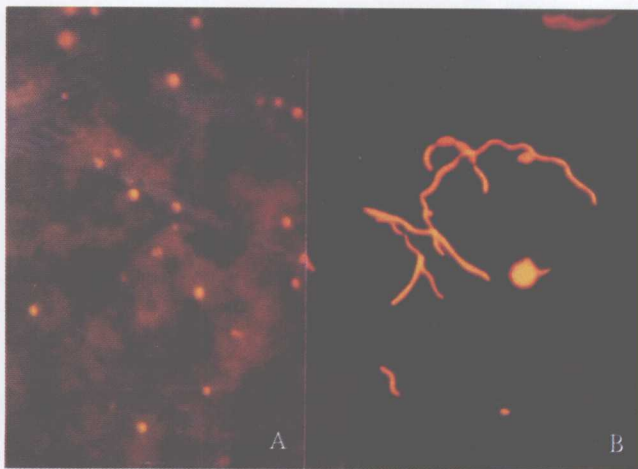


彩色图版2 (第5章) 美丽的硅藻细胞壁结构
(引自Talaro, 2005)



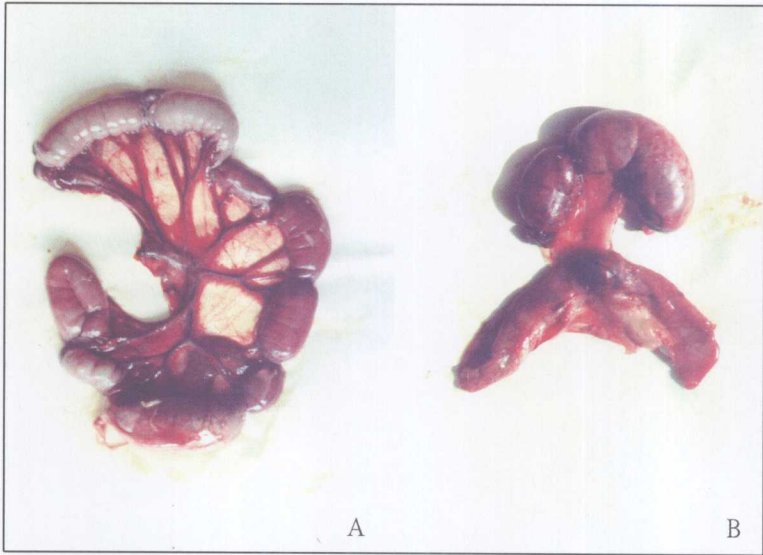
长方形中是两个原核生物，椭圆中是20多个似病毒粒子，圆圈中是一个原生物

彩色图版3（第6章）海水过滤到滤膜后经SYBR Green I 染色的落射荧光显微照片（Patel et al., 2007）



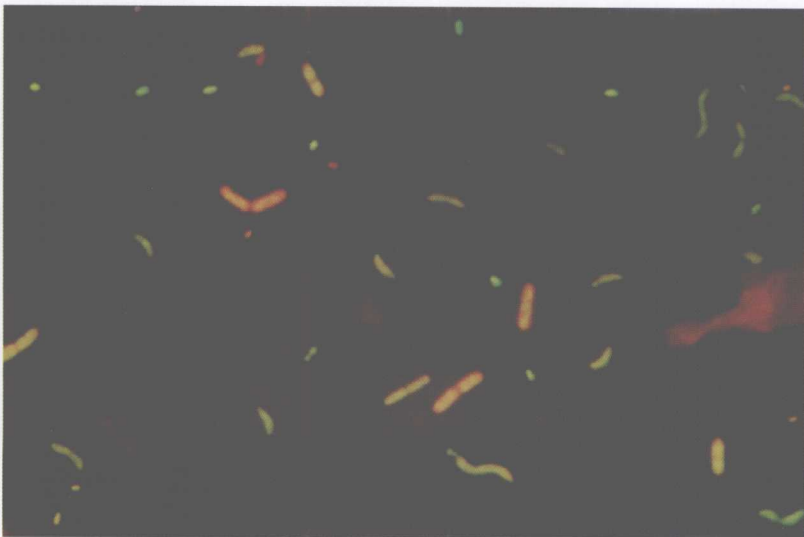
A. 吡啶橙直接镜检计数法；B. 活菌直接镜检计数法

彩色图版4（第8章）用吡啶橙直接镜检计数法（AODC）及活菌直接镜检计数法（DVC）观察处于活的非可培养（VBNC）状态的霍乱弧菌（1000×）（徐怀恕摄）

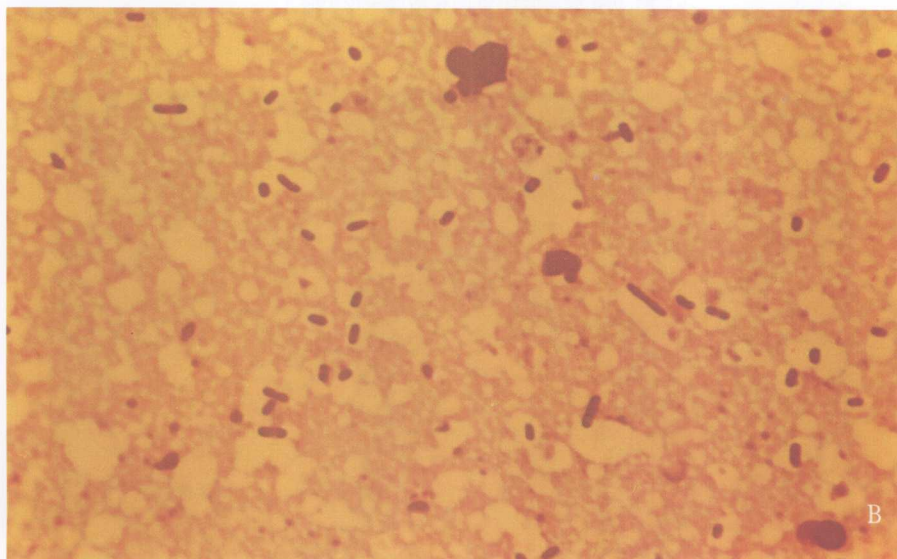
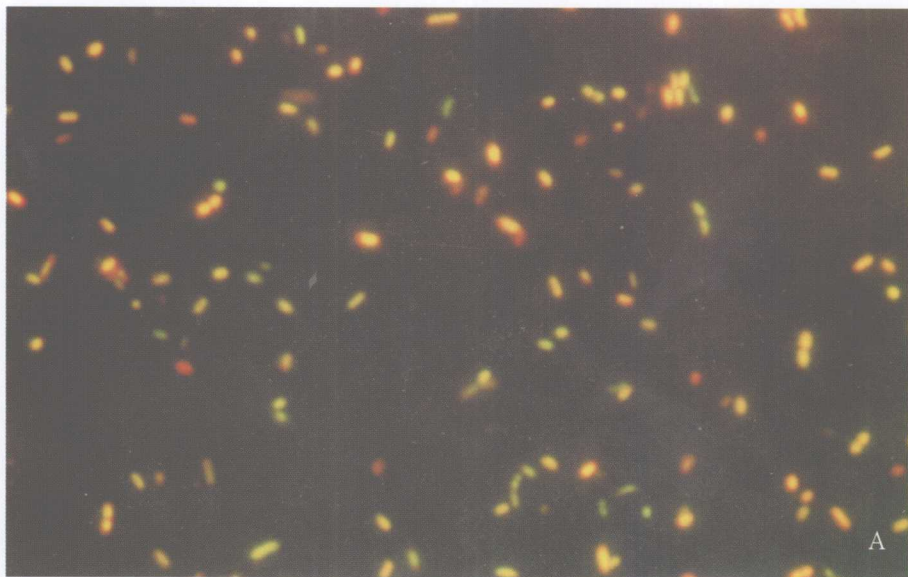


A. 通用肠结扎法(该法将兔肠扎成4段, 易形成肠梗阻。因不能给水, 兔只能存活18~22小时); B. 离肠肠结扎法(该法由通用肠结扎法改进而成。因为可给兔喂水, 因此兔可存活36~72小时)

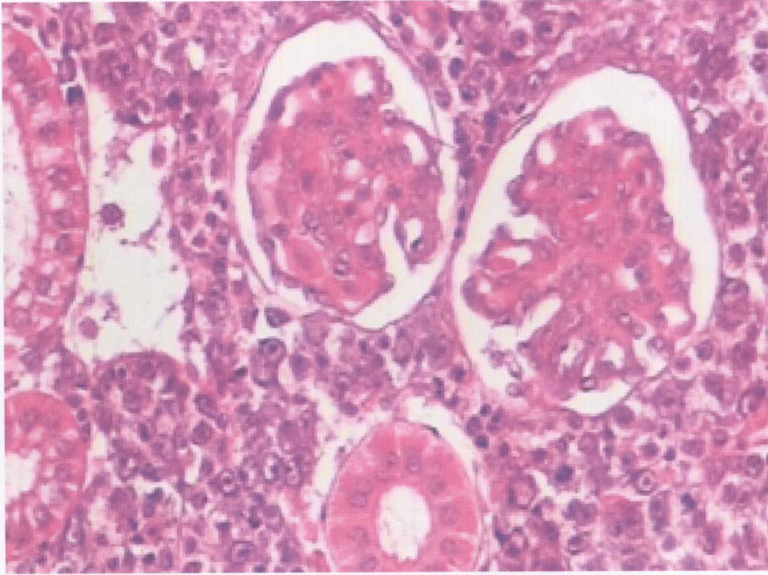
彩色图版5 (第8章) 家兔的肠结扎术 (徐怀恕摄)



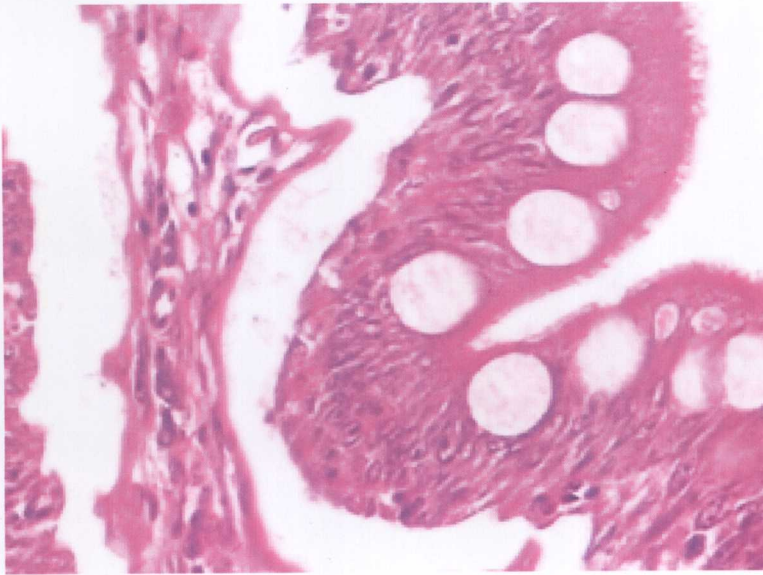
彩色图版6 (第8章) 用活菌直接镜检计数法 (DVC) 观察鳃弧菌 (1000×) (杜萌摄)



A. 进入VBNC状态的大肠杆菌O157:H7; B. 从VBNC状态复苏的大肠杆菌O157:H7
彩色图版7 (第8章) 活的非可培养 (VBNC) 状态大肠杆菌
O157:H7的复苏 (1000 \times) (徐怀恕摄)



可见肾小球萎缩，与肾小囊形成较大空隙
彩色图版8（第9章）被牙鲆肠弧菌（*Vibrio ichthyoenteri*）
感染的大菱鲆的肾脏组织切片（400×）（吕俊超摄）

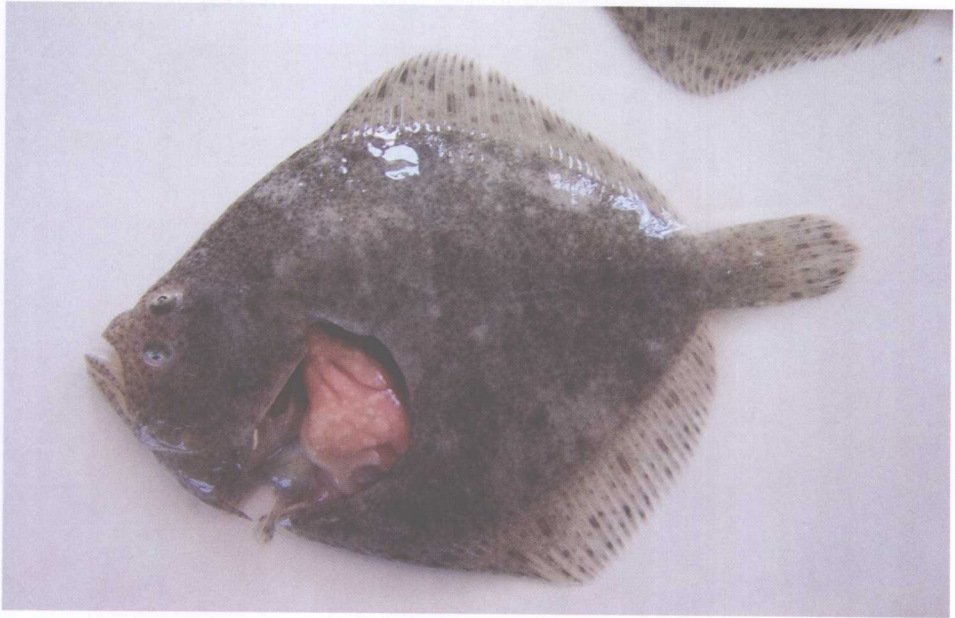


可见小肠绒毛杯形细胞膨胀变圆，固有层严重萎缩
彩色图版9（第9章）被牙鲆肠弧菌（*Vibrio ichthyoenteri*）
感染的大菱鲆的肠道组织切片（400×）（吕俊超摄）



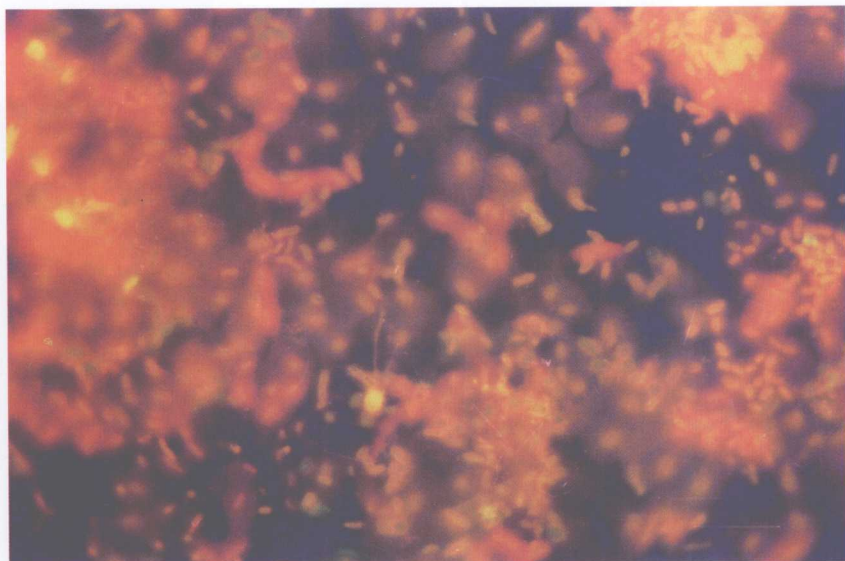
体表有明显的出血现象

彩色图版10 (第9章) 被美人鱼发光杆菌杀鱼亚种 (*Photobacterium damsela* subsp. *piscicida*) 感染的半滑舌鲷 (张晓华摄)

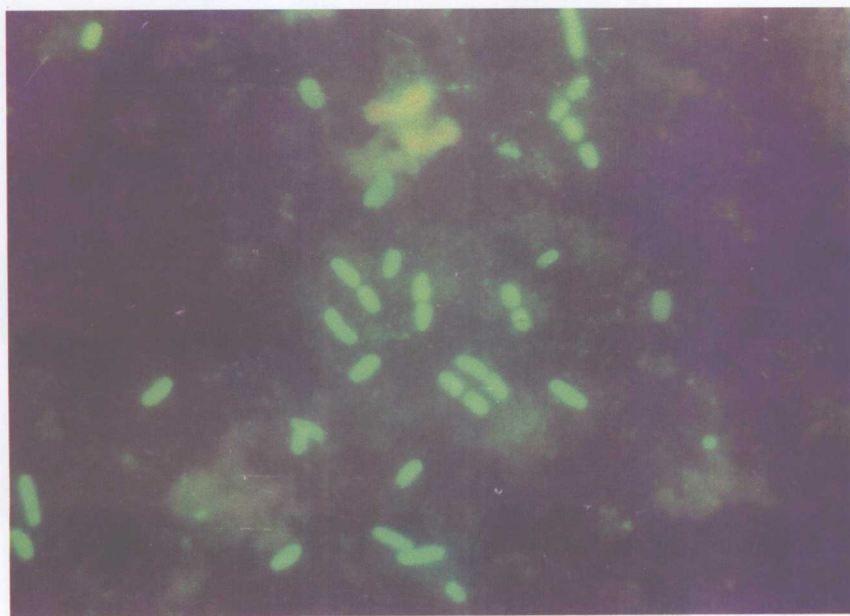


体表无明显病变, 但肝脏明显肿胀, 并有白色、颗粒状损伤

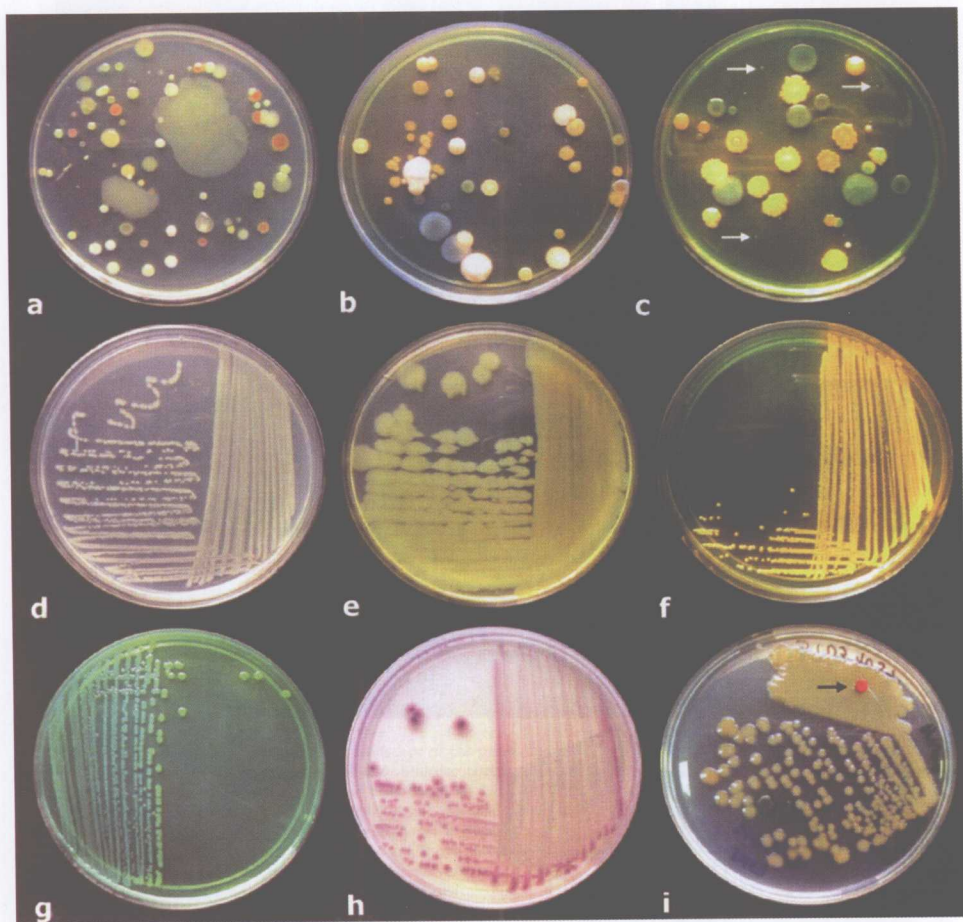
彩色图版11 (第9章) 被迟缓爱德华氏菌 (*Edwardsiella tarda*) 感染的大菱鲆 (张晓华摄)



彩色图版12 (第10章) 吸引扇贝幼虫附着的附着基表面的细菌黏膜
(1000 ×) (纪伟尚摄)



彩色图版13 (第12章) 利用间接荧光抗体技术检测发病对虾中的副溶血弧菌
(1000 ×) (张晓华等, 1997)



- a. 水样涂布于海洋琼脂平板；b. 水样涂布于TCBS平板后培养24小时；c. TCBS平板上的弧菌，非弧菌形成很小的菌落（箭头所示）；d. 溶藻胶弧菌在海洋琼脂平板上培养；e. 溶藻胶弧菌在胰大豆琼脂（tryptone soya agar, TSA）平板上培养，菌落有泳动现象；f. 溶藻胶弧菌在TCBS平板上培养，菌落呈黄色；g. 副溶血弧菌在TCBS平板上培养，菌落呈绿色；h. 副溶血弧菌在CHROMagar Vibrio 显色培养基上培养，菌落呈紫红色；i. 低温贮藏的玻璃珠（箭头）接种到TSA平板上

彩色图版14（第13章）弧菌在不同培养基的菌落形态（引自Thompson et al., 2000）

前 言

海洋微生物学是近几十年来发展最快的新兴学科之一。虽然 1838 年就发现海洋细菌的存在,但是由于科研手段的局限性,较长时期人们对海洋微生物存在的本质及其在世界大洋水团内物质循环中的重要性缺乏认识,甚至曾有人置疑高盐高静水压的海洋环境中会有细菌存在。随着现代科学技术的快速发展,各种探索海洋奥秘的大洋计划在经济发达国家相继启动,与海洋相关的研究已成为国际上关注的热点。在海洋环境中,海洋微生物以其在海洋中的特殊地位和作用,引起众多海洋相关学科学者的重视,已逐渐成为海洋科学研究中多学科的重要交叉点。海洋微生物学在这样的背景下得以快速发展,国内外从事海洋微生物学研究的队伍不断壮大,而且研究人员不再仅仅局限于生命和水产学科,其他如地质、化学、环境、生态、海洋、石油化工以及医药等相关学科的人员也涉足海洋微生物学的研究领域。近年来在此领域有大量的研究成果、方法相继报道,相关研究文献层出不穷,特别是对深海极端微生物的深入研究,大大地推动了海洋微生物学科的发展。现在,海洋微生物学已成为微生物学中一门极具生命力的分支与交叉学科。

20 世纪 80 年代以前,主要以培养法从表型水平研究海洋微生物,学科发展较慢,具有影响力的海洋微生物学专著也较少,主要有美国 C. E. Zobell 编著的 *Marine Microbiology* (1946); 苏联学者 A. E. 克里斯编著的《海洋微生物学(深海)》(1959,有中译本); 日本多贺信夫编写的《海洋微生物学》(1974); R. R. Colwell 编写的 *Marine and Estuarine Microbiology Laboratory Manual* (1975)。此后,对海洋微生物的研究逐渐转入基因水平及分子生物学时期,有影响力的专著明显增多,主要有 R. R. Colwell 编写的 *Biotechnology in the Marine Sciences* (1984); Brian Austin 编著的 *Marine Microbiology* (1987); R. R. Colwell 和 D. J. Grimes 编写的 *Nonculturable Microorganisms in the Environment* (2000); John Paul 编写的 *Marine Microbiology: Methods in Microbiology* (2001) 以及 C. B. Munn 编著的 *Marine Microbiology: Ecology & Applications* (2003)。

海洋微生物学

我国海洋微生物学的研究开创于 20 世纪 60 年代前后,中国海洋大学(原山东海洋学院)在我国海洋微生物学发展史上占有重要地位,时任副教务长的薛廷耀教授是我国海洋微生物学的开创先师。他先是在中国科学院海洋研究所建立起海洋微生物研究室并兼任室主任,研究人员有孙国玉、丁美丽及陈弼,最早研究的是海洋小球菌及硫杆菌。随后,他在山东海洋学院海洋生物系建立了微生物实验室并主持教学和科研工作,助教人员为纪伟尚和徐怀恕,最先研究的是海洋发光细菌和铁细菌。他于 1962 年编译出版的《海洋细菌学》,是我国迄今仅有的一本系统阐述海洋微生物基础知识的论著。他还坚持在“东方红”号调查船上建立了海洋微生物调查实验室,为微生物的资源开发创造了条件。此后,徐怀恕教授(1936. 7—2001. 6)对开拓、发展我国海洋微生物学的研究作出了重要贡献,他和美国马里兰大学的著名海洋微生物学家 R. R. Colwell 教授一起在世界上首次提出了“细菌的活的非可培养(Viable but nonculturable, VBNC)状态”理论,在国际上引起了很大的反响并负有盛名。在国内,他与其同仁一起本着“探究作用机理、联系实践应用、改革与创新研究方法”的原则,拓宽了海洋微生物学的研究领域,对海洋细菌腐蚀与附着的机理、VBNC 状态细菌的检测、海水养殖动物细菌性病害的诊断与免疫、有益菌的开发与利用等方面进行了大量开拓性研究;参与主持了海上有控生态系细菌学研究、欧盟项目和英国达尔文项目等多项国际合作项目。他和 R. R. Colwell 教授一起筹建了联合国教科文组织中国海洋生物工程中心(UNESCO/BAC/BETCEN),徐怀恕教授任中心主任,R. R. Colwell 教授任中心顾问。该中心既是与国外联系的桥梁,又是科技信息交流的平台。通过中心的互动交流,与国外多所相关知名大学建立了科技交流或联合培养关系,极大地推动与促进了海洋微生物学科的发展以及人才的培养。

徐怀恕教授长期从事海洋微生物学研究,撰写海洋微生物学教材是他生前的夙愿。本实验室曾在 20 世纪 80 年代就开设了“海洋微生物学”本科课程,并自编了讲义(理论部分和实验部分)。实验室从 20 世纪 80 年代中期开始陆续培养海洋微生物学研究方向的硕士研究生,90 年代中期开始培养该方向的博士研究生。在科研和教学过程中,积累了大量有关海洋微生物的理论知识与实践经验。多年来,在原有讲义的基础上,不断进行补充与更新,已经有了相当的积累。针对目前国内缺乏较系统的海洋微生物学教材的现状,我们认为有必要尽快出版海洋特色鲜明、应用范围较广的《海洋微生物学》教材。本次编著的《海洋微生物学》教材,也是为了完成徐怀恕教授的遗愿。

全书共分 14 章,第 1 章讲述海洋环境中的微生物;第 2~6 章讲述海洋微生物的形态、结构及生物学特性,包括海洋细菌、海洋古菌、海洋真核微生物和海洋

前 言

病毒;第7章讲述海洋微生物在海洋生态系统中的作用;第8章讲述海洋环境中活的非可培养状态细菌;第9章讲述鱼类的微生物病害;第10章讲述海洋微生物的利与弊;第11~14章讲述海洋微生物的研究方法,包括海洋微生物的采样技术、海洋细菌的定性和定量检测技术、海洋微生物的分离与培养技术以及海洋细菌的分类与鉴定技术。

本书初稿完成后,承蒙国家海洋局第一海洋研究所孙修勤研究员(第1章)、山东大学张长铠教授(第2、第10章)、武汉大学陶天申教授(第3章)、中国科学院微生物研究所向华研究员(第4章)、中国海洋大学宋微波教授(第5章)、中国海洋大学胡晓钟教授(第5章)、中国海洋大学梁英教授(第5章)、青岛科技大学田黎研究员(第5章)、中国水产科学院黄海水产研究所梁艳博士(第6章)、中国科学院海洋研究所肖天研究员(第7章)、中国海洋大学俞开康教授(第9章)和国家海洋局第一海洋研究所陈皓文研究员(第10章)审阅;本书的大部分绘图由胡晓倩同学和贾爱荣同学绘制;本实验室多项国际合作项目的合作伙伴、英国赫里奥特-瓦特大学生命科学院院长、著名的海洋微生物学和鱼病学家 Brian Austin 教授在百忙中为本书作序;在编写过程中还得到了国内外许多同仁的热心帮助,对他们们的热心帮助深表谢意。

本书的部分研究内容和成果得到欧洲共同体国际合作项目(TS3-CT94-0269)、英国达尔文国际合作项目(162/8/065)、国家自然科学基金项目(39870581、30371119、30371108)、教育部新世纪优秀人才支持计划(NCET-04-0645)、国家863计划项目(2007AA09Z434)及国家973计划项目(2006CB101803)的资助。本书的出版获得中国海洋大学教材出版基金的资助。编者在此一并表示诚挚的感谢。近些年来,海洋微生物学发展非常迅速,新知识、新技术和新方法不断出现,所涉及的内容存在多学科交叉问题。由于我们的知识和水平有限,本书内容难免有疏漏和不足之处,恳切希望读者和同行专家提出宝贵意见。

编者谨识

2007年8月

FOREWARD

Profound discoveries have been made in the understanding of marine microbiology particularly since the middle of the twentieth century. Unique bacterial forms, including the pressure loving barophiles, hyperthermophiles and ultramicrobacteria, have been recognised, and many new taxa described. Almost three decades ago, the pioneering Chinese marine microbiologist, Professor Huai-Shu Xu, visited the USA, and during his stay with Professor Rita Colwell at the University of Maryland, discovered a hitherto unrecognised previously uncultured form of *Vibrio cholerae*, which is the causal agent of cholera. This form was variously regarded as dormant, unculturable and, more recently, as viable but not culturable (VBNC). Since this initial work, VBNC cells have been described for a wide range of other bacterial species. The role of these organisms has sparked heated debate, with some microbiologists questioning whether or not they actually exist. Other scientists consider the VBNC cells to be a normal state of the organism in the natural environment. Developments in marine microbiology at the Ocean University of China have continued after Professor Xu's untimely death. I can pay tribute to the contribution of Professor Xiao-Hua Zhang in researching the pathogenicity mechanisms of *V. harveyi*-this work is well recognised, worldwide.

A comparatively few marine microbiology textbooks have been published. This is a pity because textbooks are so important to the teaching of eager students. An idea for a textbook in Chinese was first mooted by Professor Xu, and the project brought to fruition by Professor Zhang, who is to be congratulated in producing a comprehensive up to date textbook.

I wish the book every success.

B. Austin
Edinburgh, 2007

目次

第1章 海洋环境中的微生物	1
1 海洋微生物及其多样性	2
2 生物的基本结构和生命的进化	4
3 海洋微生物的大小	8
4 海洋微生物的主要特征	10
5 海洋环境及其理化因素	17
6 海洋微生物的栖息环境	21
参考文献	28
第2章 海洋原核生物的结构与生物学特性	29
1 海洋原核细胞的形态结构	29
2 原核生物的一般构造及特性	30
3 原核生物的特殊构造及特性	38
4 营养方式及能量产生过程	44
5 生长及营养物质	49
6 极端环境条件下的海洋原核生物	60
参考文献	66
第3章 海洋细菌	68
1 细菌分类系统	68
2 海洋细菌的多样性和主要类群	72
3 不产氧的光合细菌(Anoxygenic phototrophic bacteria)	75
4 产氧的光合细菌——蓝细菌(Cyanobacteria)	78
5 化能自养菌(Chemolithotrophs)	81
6 假单胞菌属(<i>Pseudomonas</i>)、交替单胞菌属(<i>Alteromonas</i>)和希瓦氏	