

李勤生 王业勤 编著

水产养殖与微生物

SHUICHAN YANGZHI YU WEISHENGWU



SCYZZY
WSW

武汉出版社
WUHAN PUBLISHING HOUSE

李勤生 王业勤 编著

水产养殖与微生物

SHUICHAN YANGZHI YU WEISHENGWU



SCYZZY
WSWV

武汉出版社

WUHAN PUBLISHING HOUSE

(鄂)新登字 08 号

图书在版编目(CIP)数据

水产养殖与微生物/李勤生,王业勤编著. - 武汉:武汉出版社,2000

I.水… II.①李… ②王… III.渔业-微生物学

IV.S917.1

ISBN 7-5430-2125-0

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 12556 号

书 名:水产养殖与微生物

著作责任:李勤生 王业勤

责任编辑:张建平

封面设计:林 岚

出 版:武汉出版社

社 址:武汉市江岸区北京路 20 号 邮 编:430014

电 话:(027)82842176 82839623

印 刷:中国科学院武汉分院科技印刷厂

开 本:850×1168mm 1/32

印 张:5.625 字 数:136 千字 插 页:5

版 次:2000 年 2 月第 1 版 2000 年 2 月第 1 次印刷

印 数:0001-3100 册

ISBN 7-5430-2125-0/S·26

定 价:9.00 元

版权所有·翻印必究

如有质量问题,由承印厂负责调换。

前 言

我国是一个人口众多、水资源贫乏的大国,面对飞速发展的水产养殖及相关的环境问题,如何实现水资源的合理开发、利用及水产养殖业可持续发展,值得大家认真思考。为此,我们收集、综合了国内外相关信息和新近研究成果,结合我们的专业和多年的研究实践,撰写了《水产养殖与微生物》一书奉献给大家。

根据我国国情,我们认为有必要反复强调的是:

1. 加强全民环境保护意识,牢固树立可持续发展观念。可持续发展战略是我国振兴经济、实现现代化的根本大计。不能以浪费资源和牺牲环境为代价去谋求发展。可持续发展的水产养殖业必须在经济上是高效的,在生态环境方面是合理健全的,在政策上是切合实际的。

2. 普及生态知识,运用生态学原理指导水产养殖。只有遵循生态学原理,根据养殖对象的特点,为它们营造一个良好的生存环境,并采取科学技术措施,才能有效地维持该生态系统的良性循环。这就要求提高水产养殖的科学水平,用新技术改造传统的作业方式。

3. 生物治理是发展的必然趋势。在水产养殖系统中,有益微生物的充分利用和有害微生物的有效控制,是维持养殖生态系统良性循环的关键。微生物在促进养殖对象的健康生长和改善水环境质量中具有十分重要的作用,应用微生物产品和技术已取得了有目共睹的成就。努力推广应用、并继续研究开发新的、高效渔用微

生物产品是具有重要意义和发展前途的事业。

4. 节水型养殖是值得大力倡导的方向。传统养殖方式耗水量大,而集约化节水型养殖则可大量节省用水。这对我国很多地方,特别是缺水地区更为重要和迫切。

5. 健全法制,加强执法力度,严格管理,把水产养殖作业纳入规范化轨道。凡从事水产养殖业的人,都必须遵循有关水资源利用和保护的相关法规,并应有配套的养殖污水处理设施,实行科学管理。

以上是我们的一孔之见。由于我们旨在抛砖引玉,因而书中疏漏或错误可能难免,欢迎读者批评指正。

我们借此机会,谨向给予我们鼓励、并为本书作序的中国科学院院士、中国科学院水生生物研究所名誉所长刘建康教授和大力支持本书出版的民营企业杨宗韬先生表示衷心感谢。同时,我们还要感谢杨旭东女士和杨宏进先生为本书绘制图表、打印和校对所付出的辛勤劳动。

李勤生 王业勤

1999年8月18日于中国科学院水生生物研究所

序

值此世纪之交,在回眸本世纪科学技术和经济发展辉煌成就的同时,人类社会面临着新世纪人口膨胀、资源匮乏、环境恶化等一系列严峻挑战。经济、社会、生态协调发展已成为国际社会共同关注的重大议题。实施科教兴国和可持续发展战略也是我国振兴经济、实现现代化的根本大计和当前的迫切任务。科技界更应为此努力作出贡献。《水产养殖与微生物》一书的撰写和出版正是这种努力的一个具体行动。

我国是水产大国。特别是改革开放以来,水产养殖业突飞猛进,在农业中的比重迅速上升,总产量居全球之冠。水产养殖业的发展不仅为我国众多人口提供了优质蛋白,开辟了农民脱贫致富的重要途径,也是出口创汇的一大产业。但是,我们必须清醒看到,我国水产养殖业仍然以粗放型经营为主,水资源浪费很大,对水环境的污染也是严重的。每年因水质恶化、病害暴发流行而造成巨大经济损失。这种状况不仅制约了水产养殖本身的健康发展,而且还会引发一系列生态环境问题。我国是贫水国之一,如何合理利用水资源、保护生态环境、实现水产养殖业可持续发展,不但应该引起大家注意,而且迫切需要采取有效技术措施,改造传统的作业方式,切实提高水产养殖的科学水平。

《水产养殖与微生物》一书从崭新的视角切入,兼容水产养殖、微生物学、生态学、环境科学等相关的研究成果和信息,促进不同学科间的沟通和交流,体现了学科间交叉和相互渗透的发展方向,

这是本书的一大特点。本书概述了国内外渔业发展状况和水产养殖业面临的严峻挑战；论述了微生物在水生态系统中的重要地位及其在水体净化、促进水产动物生长发育、增强免疫机能、防治病害、提高产量等多方面的积极作用，以及微生物制剂产业化的广阔发展前景；还具体介绍了国内外与微生物有关的可持续发展的水产养殖模式。本书既对国内外水资源危机和我国国情作了分析，也对相关学科基础理论知识作了阐释；既提出了存在的问题，也指出了解决问题的新思路和技术方法，以及新产品开发研究的方向；还特别注重实际应用中的可操作性，对水产养殖作业富有指导意义。我期望并深信《水产养殖与微生物》一书的出版发行将有力促进我国水产养殖业的可持续发展。

刘建康

1999年8月18日

目 录

前言	(1)
序	(1)
一、水产养殖业的迅猛发展	(1)
(一)世界渔业发展概况	(1)
(二)我国水产养殖业的发展概况	(6)
二、水产养殖业面临的严峻挑战	(10)
(一)全球面临严峻的水资源危机	(10)
1. 天然可利用水资源匮乏	(10)
2. 世界水资源分布的不均衡性及其潜在危险	(10)
3. 我国水资源状况	(12)
4. 自然和人为因素导致水资源衰减	(14)
5. 水资源需求量的急剧增长	(15)
(二)水环境污染严重	(16)
1. 外源性污染对水环境的影响	(16)
2. 水产养殖作业对环境的负面影响	(20)
3. 施用药物对水产动物和环境的负作用	(27)
4. 水产养殖作业对水生生态系统生物群落的影响	(35)
(三)环境恶化对水生动物的影响	(37)
1. 氨氮对水产动物的毒害作用及其影响因素	(38)
2. 亚硝基态氮对水产动物的毒害作用及影响因素	(42)
3. 硫化氢对水产动物的毒害作用及其影响因素	(44)

4. 石油污染对水产动物的毒性	(45)
5. 重金属对水产动物的毒害	(45)
6. 农药污染对水产动物的危害	(47)
7. 工业污染对鱼类的毒害	(48)
8. 过氧化氢对水产动物的影响	(49)
9. 三丁基锡化合物(TBT)对水产动物的影响	(50)
(四)病害严重	(50)
三、微生物在水产养殖中的重要地位	(53)
(一)微生物的特点	(53)
(二)微生物在食物链、食物网中的重要地位	(57)
(三)微生物是水体物质循环的推动者	(60)
1. 碳循环	(60)
2. 氮循环	(63)
3. 磷循环	(68)
4. 硫循环	(70)
5. 养殖水体微生物净化	(72)
(四)水产动物的病原微生物	(78)
1. 水产动物的细菌病原	(78)
2. 水产动物的病毒病原	(83)
3. 水产动物的真菌病原	(88)
四、微生物在水产养殖中的应用及广阔前景	(90)
(一)光合细菌在水产养殖中的应用	(90)
1. 光合细菌的基本特性和应用原理	(90)
2. 光合细菌在水产养殖中的应用效果	(94)
(二)微生物在水质净化中的应用	(103)
1. 活菌制剂	(104)
2. 微生物絮凝剂	(107)
(三)微生物及其代谢产物作饲料和添加剂的开发	(110)

1. 微生物饲料的开发利用	(110)
2. 益生菌的研究和利用	(113)
3. 微生物富集微量元素及其应用	(120)
4. 微生物酶在水产养殖中的应用	(122)
5. 微生物类胡萝卜素与水产养殖	(123)
6. 二十碳五烯酸(EPA)产生菌作为鱼苗饵料	(125)
(四) 免疫制剂	(125)
(五) 微生物在水产养殖中的特殊作用	(129)
1. 微生物粘膜和贝类养殖	(129)
2. 病原微生物的生物防治	(130)
3. 水产动物育苗过程中的微生物调控	(131)
4. 去除毒素	(132)
(六) 赤潮的生物防治	(133)
五、可持续发展的水产养殖与微生物	(139)
(一) 可持续发展的水产养殖	(139)
(二) 环境协调型水产养殖	(140)
(三) 水产养殖对水的需求及养殖污水的特征	(141)
1. 养鱼对水的需求	(141)
2. 鱼虾对氧的需求	(143)
3. 水产养殖污水的特征	(145)
(四) 生物过滤及其设计	(146)
1. 浸没式滤池	(147)
2. 滴滤池	(148)
3. 生物转筒	(148)
4. 生物转盘	(148)
5. 流化床	(149)
6. 漂浮珠滤床	(150)
7. 影响滤床有效运转的因子	(152)

(五)循环水养殖系统水质的生物控制·····	(152)
1. 机械过滤(沉淀)和微生物硝化作用联合处理, …	(153)
2. 水生植物硝化作用和机械过滤(沉淀)联合处理··	(156)
3. 好氧和厌氧生物滤床联合处理 ·····	(157)
4. 鱼、贝、藻联合养殖系统 ·····	(159)
(六)氧化塘处理·····	(160)
主要参考文献·····	(163)

一、水产养殖业的迅猛发展

(一) 世界渔业发展概况

渔业生产自古以来是人类维持生存获取食物的重要手段。渔业生产一般分为捕捞和养殖两种形式。捕捞是指捕获天然生长的水产品,包括海洋捕捞和淡水捕捞,以海洋捕捞为主;养殖是指在水产品的捕获前人为的在水体中投放苗种、饵料等,将水生物养成和繁殖的过程。人类从事水产养殖已有数千年的历史,我国在西汉时已有“陶朱公养鱼法”,是世界上最早的养鱼专著,这表明我国早就掌握了池塘养鱼技术,并积累了丰富经验。水产养殖有海水养殖和淡水养殖。内陆以淡水养殖为主,但海水养殖发展潜力很大。依养殖作业的不同,水产养殖又可分为粗放养殖(extensive culture)和集约化养殖(intensive culture)。集约化养殖单位水面积的产量很高,商业利润大,但对养殖水体的污染也严重。

渔业产品作为优质蛋白质、重要矿物质、维生素和多烯不饱和脂肪酸的绝好来源,随着世界人口的迅速增长,以及人们对水产品对人类营养和保健方面重要性的认识,消费量急剧增加。这就导致了对水产品捕捞的强化并且促使水产养殖业的迅速发展。自20世纪70年代以来的30年中,渔业产量持续高速增长,已成为人类开辟优质食物来源,扩展生存空间的一大产业。

根据联合国粮农组织提供的资料,世界水产品贸易额1980年为100亿美元,1985年上升至400亿美元,1990年达到了758亿

美元。反映了水产品消费显著增加。1994 年全球渔业产量是 10 958 万吨,其中海洋渔业产量是 9 041 万吨。不同地区所占份额是,亚洲:43.9%,南美洲:24.3%,欧洲:13.6%,北美洲:9.1%,俄罗斯:4.5%,非洲:3.7%,大洋洲:0.9%。淡水渔业产量 1 917 万吨,其中亚洲占 79.7%,非洲占:9.8%,南美、北美洲、欧洲、俄罗斯和大洋洲等占 10.5%。从上述数据可以看出,海洋渔业提供了 80% 以上的水产品。而淡水渔业产量所占比重不足 20%,并且 90% 集中于亚洲和非洲发展中国家。

从 1975 年至 1995 年的 20 年间,渔业总产量从 7 210 万吨增加至 11 230 万吨,增长了 55.8%。近年来一直以每年 6% 的速度增长。但在渔业产量中捕捞产量所占份额不断下降,从 92.2% 下降至 81% 左右,而养殖产量所占比重急剧增加,从 7.8% 增至 19.0% (表 1-1)。

表 1-1 世界渔业产量(年,百万吨)

项 目 \ 年 份	1975		1985		1995	
	产量	%	产量	%	产量	%
水产养殖产量	5.6	7.8	10.6	10.6	21.3	19.0
捕捞产量	66.5	92.2	89.2	89.4	91.0	81.0
合计	72.1	100	99.8	100	112.3	100

从 1985 年至 1995 年的 10 年间,捕捞产量基本保持在 8~9 千万吨左右,徘徊不前。一般认为,以目前的生产形式,这个产量已达到海洋的极限。当前世界捕捞渔业面临的两大问题:(1)具高价值的多种鱼类资源下降。(2)主要渔业生产国工业化船队过剩和使用手工作业人员过多,生产能力已超过资源负载能力。因此在 200 哩专属经济区制度下,许多先进渔业国家发展重心在于合理开发利用及保育本国渔业资源。比较 1992 年至 1994 年间世界主要渔业生产国的渔业产量,可以看到有些国家渔业总产量下降幅度较大,除社会因素外,与海洋渔业资源衰减,捕捞量下降直接有关。日

本的情况便是如此,1994年日本外海和沿海中上层渔区渔业产量全部下降,比1993年减产9.5%(表1-2)。

表 1-2 1992~1994年世界水产品总产量和
主要国家、地区产量比较(万吨)

国名	1992	1993	1994	1993~1994 产量增长%
中国	1 500	1 757	2 072	+17.9
秘鲁	684	845	1 159	+37.2
日本	864	813	736	-9.5
智利	650	604	784	+29.8
美国	560	595	594	-0.2
独联体	561	446	378	-15.2
印度	418	432	454	+4.6
印尼	336	364	395	+7.3
泰国	286	333	343	+3.0
韩国	270	265	270	+1.9
挪威		256	255	-0.4
菲律宾		226	228	+0.9
丹麦		116	189	+13.9
朝鲜		178	180	+1.1
冰岛		172	156	-9.3
西班牙		129	138	+7.0
墨西哥		120	126	+5.0
马来西亚		115	117	+1.7
加拿大		117	101	-13.7
越南		110	115	+4.5
孟加拉		105	109	+3.8
阿根廷		93	95	+2.2
法国		83	84	+1.2
缅甸		84	82	-2.4
其他亚洲国家		142	125	-12.0
全球渔业总产量		10 218	10 958	+7.3

可见,近 10 年来渔业产量的增加主要来自养殖产量的增加。1975 年全球水产养殖产量仅为 560 万吨,1985 年达到 1 060 万吨,比 1975 年增长近 90%,1994 年全球养殖产量达到 2 546 万吨,比 1975 年增长了 4.5 倍。也就是说每 10 年左右,水产养殖产量翻了一番,与其他农产品生产相比,水产养殖是增长最快的一个产业(图 1-1)。据估算,世界上出售的虾中有四分之一来自 50 个国家的池塘养殖;每四条鲑鱼中有一条是在网箱中养成的。养殖品种已达 200 余种。以美国为例,1994 年养殖品种在美国海产品消费中占 13%,在今后 10 年中,预计这一比例将会翻一番。

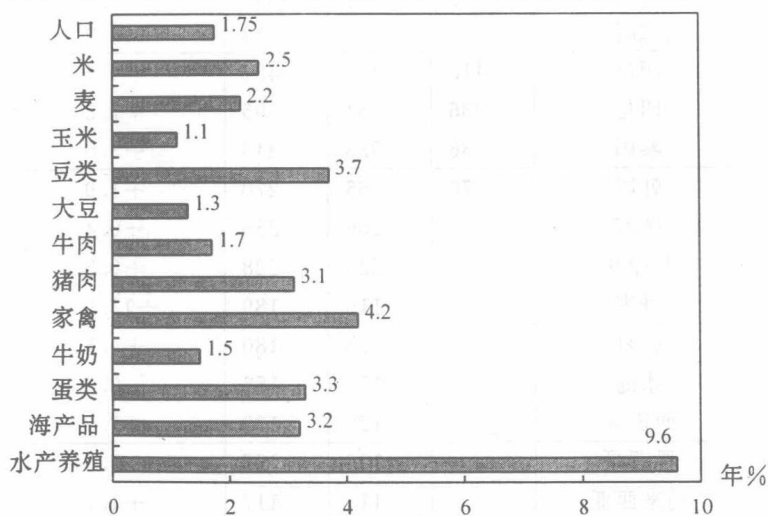


图 1-1 人口和食物生产的增长率(1980/1990)(FAO/RAPA1991)

水产养殖最发达的地区是亚洲,产量占 84%,其次是欧洲,占 9.5%,美洲占 6%,非洲占 0.5%。我国是水产养殖大国,但亚洲、美洲的一些国家的水产养殖业发展很快。如泰国,1982 年的养殖产量为 8.27 万吨,1992 年达到 37.1 万吨,10 年中增长了 4.5 倍。有些国家的水产养殖起步晚,但发展迅速,如厄瓜多尔,已成为对虾主要出口国之一。沙特阿拉伯 1977 年由肯尼亚引进罗非鱼,开始水产养殖,现已达 2 000 吨,人均占有量已由 3 公斤增长至 9 公

斤。古巴的养殖仅 30 余年历史,1995 年较 1980 年增长了 3.8 倍,计划在本世纪内将使产量由 2.9 万吨提高至 13.5 万吨。

在养殖产量中,淡水养殖占 65%,海水养殖占 35%。养殖品种以鱼类养殖为主,占 49%,如鲤科鱼,鲑、鳟、罗非鱼和海水鱼等;软体动物如贻贝、牡蛎、文蛤和扇贝等的养殖占 18%;甲壳类养殖占 5.0%,主要对象是对虾;海藻养殖占 28%。

表 1-3 养殖对虾产量及比重变化(万吨)

年份	养殖对虾产量	海捕虾产量	总产量	养殖虾比重%
1982	8.4	165.2	173.6	4.8
1983	14.3	168.3	182.6	7.8
1984	17.4	173.3	190.7	9.1
1985	21.3	190.8	212.1	10.0
1986	30.9	190.9	221.8	13.9
1987	55.1	173.3	228.4	24.1
1988	60.4	191.4	251.8	24.0
1989	61.1	183.2	244.3	25.0
1990	63.3	196.8	260.1	24.3
1991	69.0	211.8	280.8	24.6
1992	72.1	219.1	291.2	24.8
增长倍数 (1992/1982)	8.58	1.33	1.677	5.17

东南亚和南美的对虾养殖业,欧洲的鲑鳟养殖业,东亚的养鳗业发展都很迅速。但随着养殖业的迅速发展,水体污染日益加剧,水生物病害蔓延。表 1-3 所列数字表明,在短短 10 年左右时间内对虾养殖产量从 8.4 万吨增加到 72.1 万吨,增长了 8.58 倍。养殖对虾在世界对虾总产量中的比重从 1982 年的 4.8% 增长到 1992 年的 25% 左右。这是由于国际市场对养殖对虾需求量急增及养虾业带来巨额利润所驱动,它成了一些国家出口创汇的重要产品,沿海居民致富的重要途径。如泰国近年来年产对虾 22 万吨,出口额达 10 亿美元。但是自 80 年代末期以来,环境条件恶化,疾病泛滥

和对虾种质退化给对虾养殖业以灾难性打击并造成巨大的损失。如我国台湾省的对虾养殖业在 1987 年曾居世界前列,此后,由于病害肆虐等原因,台湾的对虾养殖业一蹶不振。我国大陆对虾养殖面积 1992 年曾达 240 万亩,对虾产量达 20 多万吨,成为世界养虾大国,而近几年由于病原微生物传播,沿海有机污染加剧,受暴发性流行病害影响,养殖产量大幅度下降,1994 年产量只有 5.3 万吨,至今尚未恢复,其教训是深刻的。

(二) 我国水产养殖业的发展概况

我国是渔业生产大国,改革开放以来,尤其是最近 10 年来,渔业生产的发展突飞猛进。1990 年,我国水产品产量为 1 237 万吨,居全球之冠。1995 年渔业总产量上升至 2 300 万吨,与 1949 年的 44 万吨相比,增长了 50 多倍,平均年递增率达 8.6%,高于世界同期年增长 3.9% 的速度,占世界渔业总产量的 20% 以上。1996 年和 1997 年渔业产量进一步增长,分别达到 2 813.29 万吨和 3 601.78 万吨。在全球渔业生产中举足轻重。

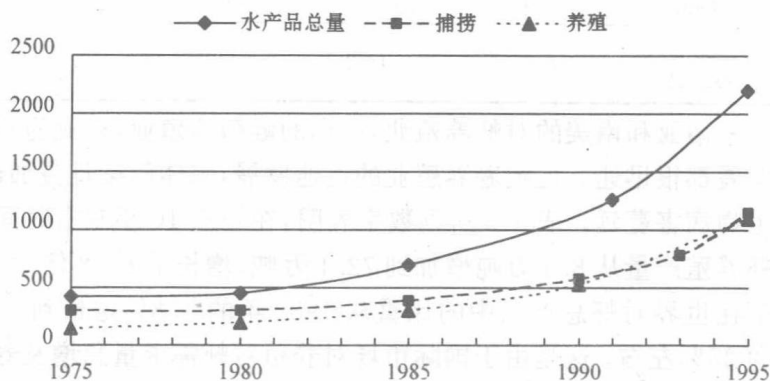


图 1-2 20 年间我国渔业产量增长情况