

微生物技术与对虾健康养殖



李卓佳 贾晓平 杨莺莺 等 著



海洋出版社

微生物技术与对虾健康养殖

李卓佳 贾晓平 杨莺莺 等著

海洋出版社

2007 年·北京

图书在版编目(CIP)数据

微生物技术与对虾健康养殖/李卓佳,杨莺莺,贾晓平著.

—北京:海洋出版社,2007.7

ISBN 978-7-5027-6849-2

I. 微… II. ①李…②…杨…③贾… III. 微生物-生物技术-应用-虾类养殖 IV. S966.12

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第099907号

策划编辑:刘亚军

责任编辑:柳茵

责任印制:刘志恒

海洋出版社 出版发行

<http://www.oceanpress.com.cn>

北京市海淀区大慧寺路8号 邮编:100081

北京华正印刷有限公司印刷 新华书店发行所经销

2007年7月第1版 2007年7月北京第1次印刷

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:20

字数:460千字 定价:45.00元

发行部:62147016 邮购部:68038093 总编室:62114335

海洋版图书印、装错误可随时退换

前 言

我国在发展对虾养殖的过程中,始终受到各种对虾病害问题的威胁。对虾病害防治问题与渔药残留问题、对虾产品质量问题、养殖环境和周边环境质量问题的关联,继续影响着对虾养殖产业的健康稳定发展。因此,必须要建立新的养殖技术体系,才能满足高效、节水、环保、质量安全的要求,推动对虾养殖业的健康、持续发展。为达到这个目的,必须采用新的技术手段来改造对虾养殖产业的技术结构。近十几年来,微生物技术工程日益成为水产养殖工作者研究的焦点。实践证明,微生物技术的应用,体现了健康养殖的安全理念,可以取得良好的经济效益和生态效益。展望 21 世纪对虾健康养殖发展的前景,我们必须清醒地认识到,新时期对虾养殖发展必须走绿色的可持续发展的道路。

本书是南海水产研究所相关领域科研人员的科学研究、科技生产转化、专题综述和实践经验交流等成果的结晶。全书总共分为四部分,第一部分介绍了对虾规模化养殖面临的主要环境污染和病害问题,由李卓佳、贾晓平、杨莺莺、江世贵、林亮同志编写;第二部分介绍了微生物生态调节剂的研制与开发,由李卓佳、贾晓平、杨莺莺、陈永青、陈康德、张庆、王小平、杨美兰、王增焕同志编写;第三部分结合实际,讲述了微生物技术在对虾规模化养殖过程的应用研究,由李卓佳、贾晓平、杨莺莺、林钦、黄洪辉、甘居利、郭志勋、张汉华、杨美兰、杨铿、蔡文贵、王增焕、林亮同志编写;第四部分重点介绍了芽孢杆菌制剂益生机理和免疫机理方面的研究,由李卓佳、贾晓平、杨莺莺、林黑着、郭志勋、曹煜成、林亮、文国樑、丁贤同志编写。

本书在编写和出版过程中得到了许多同志的热情帮助和鼓励,在此表示深切感谢!

由于编者水平有限,同时编写时间也比较仓促,书中难免存在不足之处,敬请各位专家同行不吝赐教。

因为时间有限,书中所引用的参考文献只在文后列出,并没有在文中引用处一一注明,敬请诸位读者谅解。

著 者
2005 年 10 月

目 次

第一篇 对虾养殖面临的问题与对策

第一章 对虾养殖的外源污染与自身污染	(3)
第一节 外源污染对海水养殖的影响	(3)
第二节 对虾养殖生产自身污染及对养殖生态的影响	(7)
第三节 凡纳滨对虾养殖过程中氮、磷排泄量及粪氮、磷排出量	(12)
第二章 对虾养殖业面临的主要病害问题	(16)
第三章 微生物在水产养殖中的应用	(20)
第一节 微生物在水产养殖生态系统中的作用	(20)
第二节 微生态制剂在水产养殖的应用	(22)

第二篇 微生物生态调节剂的研制开发

第一章 芽孢杆菌属菌株筛选与相关研究	(27)
第一节 芽孢杆菌属细菌的筛选及相关因子测定	(27)
第二节 有益微生物环境耐受性试验	(32)
第三节 有益微生物与弧菌等病原菌的关系	(35)
第四节 几种水产药物对有益微生物的影响	(37)
第二章 芽孢杆菌培养参数的研究	(41)
第一节 益生菌 DE 菌株的生物学特性及固体发酵条件的研究	(41)
第二节 菌株 DE 液体发酵工艺的研究	(45)
第三节 混合培养对芽孢杆菌生长量的影响	(49)
第三章 芽孢杆菌属菌株中试生产研究	(53)
第一节 芽孢杆菌制剂固体发酵生产条件研究	(53)
第二节 芽孢杆菌制剂固体发酵生产工艺流程研究	(59)
第三节 芽孢杆菌制剂液体发酵生产工艺流程研究	(62)
第四章 光合细菌的筛选与培养	(66)
第一节 光合细菌的性质与应用	(66)
第二节 高活性光合细菌 PS1 的富集培养和分离	(68)
第三节 高活性光合细菌 PS1 培养的最适条件研究	(69)
第四节 高活性光合细菌 PS2 培养的最适条件研究	(72)
第五节 高活性光合细菌生产性培养条件的研究	(77)
第五章 有益微生物作用机理研究	(80)

第一节	有益微生物的添加量与污染物质分解和转化速率的关系	(80)
第二节	有益微生物对水质因子的调控效应	(89)
第三节	复合微生物对养殖水体生态因子的影响	(93)
第四节	芽孢杆菌群对虾塘养殖水体生态因子的控制效应	(96)
第五节	芽孢杆菌群对虾塘淤泥中有害物质的控制作用	(102)
第六节	芽孢杆菌群对虾池底质环境质量的影响	(105)
第七节	芽孢杆菌制剂改善虾池水质及藻相的研究	(109)
第八节	有益微生物防治虾池夜光藻的初步研究	(113)
第九节	活性微生物对斑节对虾生长和品质的影响	(115)

第三篇 微生物技术在对虾规模化养殖中的应用

第一章	微生物调控养殖生态环境新型技术研究	(121)
第一节	以微生物调控养殖生态为核心的养殖新技术	(121)
第二节	池塘养殖中应用微生物防治斑节对虾疾病的初步研究	(126)
第三节	应用微生物健康养殖斑节对虾的研究	(129)
第四节	集约化养殖斑节对虾生产中应用微生物技术的研究	(133)
第五节	集约化养殖凡纳滨对虾生产中应用微生物技术的研究	(140)
第六节	半集约化、老化池塘养虾中应用微生物技术的研究	(144)
第二章	微生物技术对养虾池塘微生态系统的影响	(150)
第一节	芽孢杆菌对养虾池浮游微藻种群演变的影响	(150)
第二节	养虾池浮游微藻的生态变化及多样性研究	(153)
第三节	芽孢杆菌对虾池浮游动物的影响及浮游动物、植物的相关关系	(158)
第四节	芽孢杆菌对养虾池细菌生态的影响	(164)
第五节	芽孢杆菌制剂对虾池底泥细菌类群的影响	(168)
第六节	芽孢杆菌群对养虾池水体藻-菌关系的影响	(171)
第七节	对虾养成过程中水质与异养细菌变化特征及其关系	(174)
第八节	水体与表层沉积物中细菌的数量变化特征	(179)
第三章	微生物对养虾池塘环境因子的影响	(184)
第一节	虾池水质与底质理化因子的变化特征	(184)
第二节	虾池养殖水体理化因子的周日变化规律	(194)
第三节	斑节对虾养成期间池水 COD_{Mn} 、 BOD_5 的变化及其相互关系	(202)
第四节	水体与表层沉积物中氮、磷的变化特征及其相互关系	(205)
第五节	养殖池塘的重金属污染水平	(216)
第六节	养殖池塘水体叶绿素 a 的变化特点	(218)
第七节	虾池养殖水质的营养状况分析与评价	(221)
第八节	对虾养成期间虾池沉积环境分析	(227)
第九节	对虾养成期间环境质量综合评价	(232)

第四篇 芽孢杆菌益生机理与免疫机理研究

第一章 芽孢杆菌胞外产物研究	(239)
第一节 芽孢杆菌的筛选及优化培养	(239)
第二节 地衣芽孢杆菌胞外产物消化活性的研究	(243)
第三节 体外条件下地衣芽孢杆菌 De 株的胞外产物对凡纳滨对虾蛋白酶活性的影响	(250)
第四节 体外条件下地衣芽孢杆菌 De 株之胞外产物对凡纳滨对虾淀粉酶活性的影响	(255)
第五节 体外条件下地衣芽孢杆菌 De 株之胞外产物对凡纳滨对虾脂肪酶活性的影响	(259)
第二章 芽孢杆菌对凡纳滨对虾生长及免疫的影响研究	(265)
第一节 凡纳滨对虾饲料中添加微生态制剂对表观消化率的影响	(265)
第二节 微生态制剂对凡纳滨对虾生长的影响	(270)
第三节 芽孢杆菌对凡纳滨对虾生长及免疫的影响	(274)
第四节 芽孢杆菌对凡纳滨对虾生长和消化酶活性的影响	(277)
第五节 饲料中添加芽孢杆菌合生素在凡纳滨对虾大田养殖中的应用	(282)
第三章 芽孢杆菌对凡纳滨对虾肠道微生物的影响研究	(286)
第一节 芽孢杆菌饲料添加剂对凡纳滨对虾肠道菌群的影响	(286)
第二节 芽孢杆菌制剂对凡纳滨对虾肠道微生物群落的影响	(291)
参考文献	(297)

第一篇 对虾养殖面临的问题与对策

第一章 对虾养殖的外源污染与自身污染

第一节 外源污染对海水养殖的影响

近 20 年来,广东海水养殖业发展十分迅速,传统的海水养殖业正由小规模、分散经营向规模化、集约化和高档化发展。广东沿海重要的海水养殖区大多分布于沿海港湾和河口水域,这些水域也是沿海陆源污染物和海上排污的主要受纳场所。随着沿海经济的迅速发展,大量工业废水和生活污水排放入海,据统计,广东废水排放量由 1992 年的 55.3 亿吨上升至 2001 年的 102.1 亿吨。另外,富含营养物质的农业污水也随地表径流进入沿海水体,致使局部海域水质恶化,生态平衡受破坏,海水养殖受到影响。

1 富营养化与赤潮危害

20 世纪 80 年代后期以来,广东沿海无机氮的浓度呈显著增长趋势(图 1-1)。1986 年以前,广东沿海无机氮的平均浓度远低于一类海水水质标准(0.1mg/L)。1987 年起,广东沿海无机氮的平均浓度明显升高。1989 年后,历年无机氮的平均浓度均超过一类海水水质标准,一些年份甚至接近或超过三类海水水质标准(0.3mg/L),其中尤以珠江口、深圳湾、大鹏湾、湛江港等水域污染最为严重。1986 年以前,广东沿海活性磷酸盐的平均浓度远低于一类海水水质标准(0.015mg/L),此后逐年上升,至 1991 年活性磷酸盐平均浓度达到 0.014mg/L 水平,接近一类海水水质标准限定值。此后,广东沿海活性磷酸盐历年的平均浓度在 $0.011 \sim 0.014\text{mg/L}$ 之间(图 1-2)。珠江口及其附近水域是广东沿海活性磷酸盐浓度最高的区域。

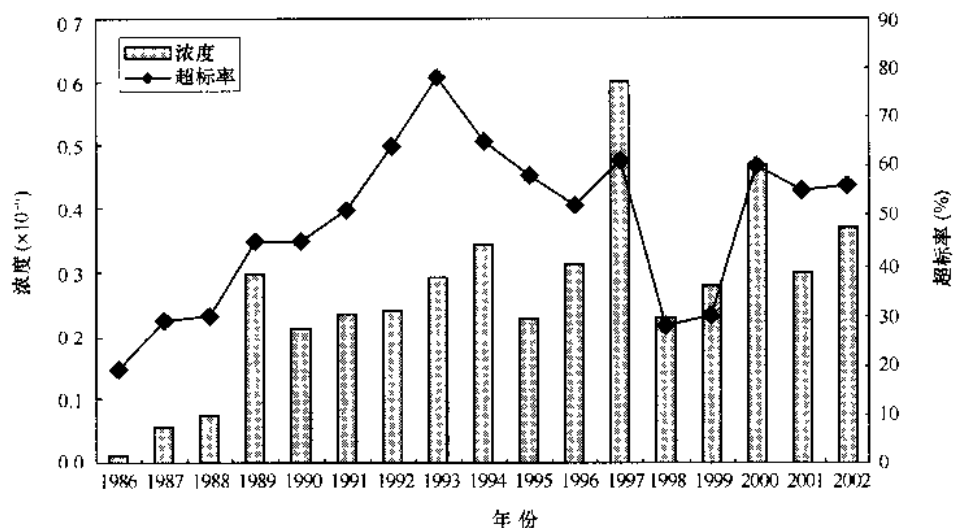


图 1-1 广东沿海水域无机氮浓度及超标率的历年变化

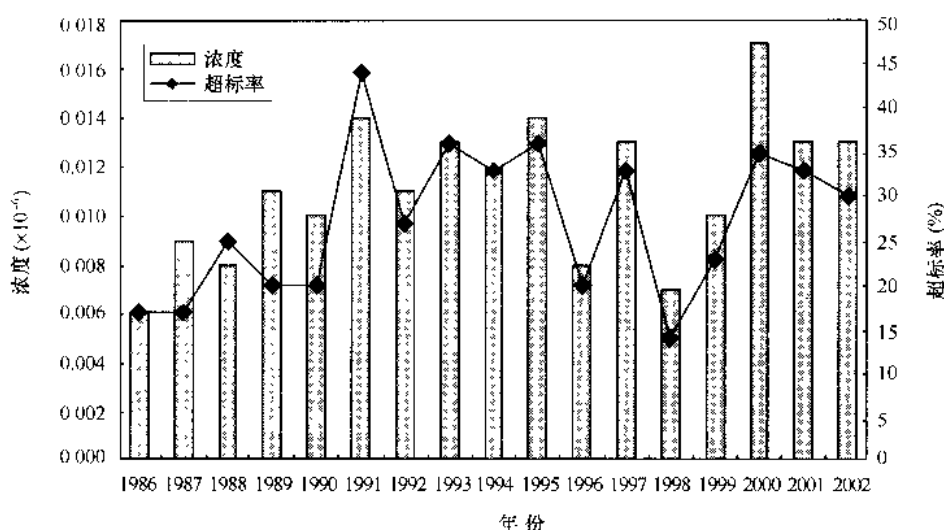


图 1-2 广东沿海水域磷酸盐浓度及超标率的历年变化

由于沿海工业废水、生活废水和农业废水的大量输入,沿海养殖水域富营养化的范围和程度呈扩大和加重趋势。同时,随着沿海养殖业的高速发展,大量富含营养物质的养殖废水进入养殖水域,使部分重要养殖水域富营养化更趋严重。广东沿海的珠江口、大鹏湾、深圳湾、大亚湾等重要的养殖水域已接近或达到富营养化程度,导致赤潮频繁发生。有关研究表明,我国赤潮发生频率与沿海养殖废水排放量有密切关系。

广东沿海养殖水域发生的赤潮基本为原发型赤潮,且以单相型赤潮为主。在我国已报道的 122 种赤潮生物中(南海 87 种),已发生过赤潮的生物种类有 30 种,其中发生赤潮次数较多的有夜光藻(*Noctiluca scintillans*)、中肋骨条藻(*Skeletonma costatum*)、束毛藻(*Trichodesmium* spp.)和裸甲藻(*Gymnodinium* spp.)。广东沿海养殖水域赤潮发生的趋势可用“发生频率不断增加,发生范围逐渐扩大,危害程度日趋严重”来概括。20 世纪 80 年代以来,我国沿海水域赤潮发生次数呈显著上升趋势(图 1-3)。1992 年发生次数达到 50 起,此后逐渐下降,至 2000 年又大幅度上升,2001 年达 77 起,为历史之最。广东沿海赤潮发生亦呈上升趋势,1990—1992 年即发生赤潮 21 次。发生频率较高的水域为珠江口、大鹏湾、大亚湾、海南岛西北部等重要的养殖水域。广东沿海这些赤潮高发水域有机污染和富营养化严重水域的分布是一致的。

赤潮的发生对海域生态环境和水产养殖的危害很大。据不完全统计,直接对我国水产养殖业造成较大危害的赤潮共发生 30 起,其中广东沿海占 12 起(表 1-1)。这些危害较大的赤潮主要集中在 20 世纪 80 年代末至 90 年代末,而且危害频率和危害程度有明显发展趋势。70 年代以前,赤潮发生频率较低,影响范围较小,对水产养殖的危害程度一般较轻。80 年代以来,危害次数增加,危害范围增大,危害程度加重。尤其是 1997 年 10 月至 1998 年 4 月期间,广东、香港水域相继发生了多起赤潮,其规模之大,持续时间之长,养殖业受灾之重为广东沿海历年之少见,共损失养殖生物 2 000 多吨,价值约 3.5 亿元。

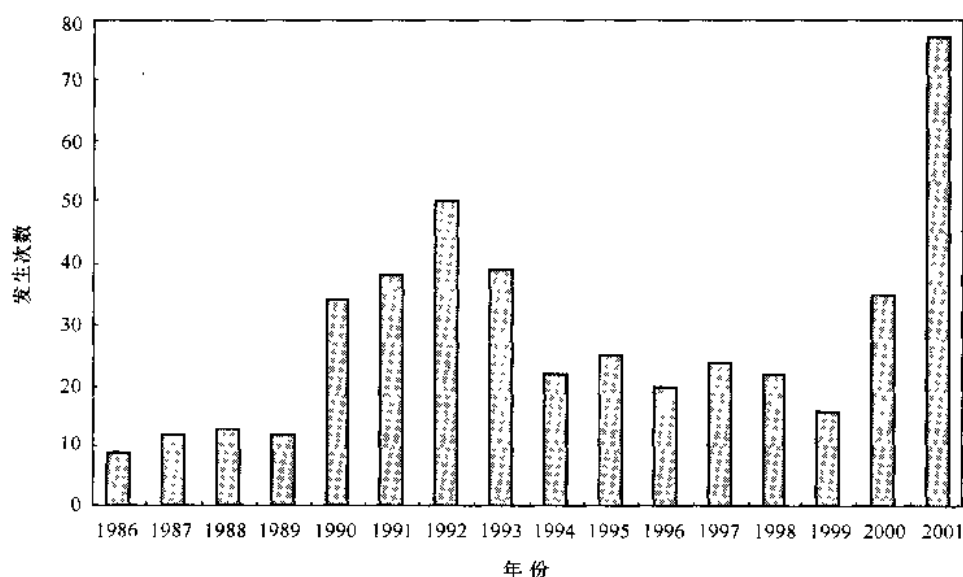


图 1-3 我国沿海历年较大规模赤潮发生次数统计

表 1-1 赤潮对广东海域水产养殖业和渔业的危害状况

发生时间	发生地点	赤潮生物	危害情况
1980 年 5 月	湛江港内湾	<i>Guinardia flaccida</i>	海面有死鱼、渔业减产
1983 年 3 月	大亚湾、大鹏湾	<i>Rhizosolenia alata</i> , <i>F. gracillima</i>	鱼、虾、贝大量死亡, 失收鱼货 75 吨, 网箱养鱼死鱼 1 吨
1986 年 2 月	深圳湾西部海域	<i>Noctiluca scintillans</i>	周围牡蛎场 50% 牡蛎死亡
1987 年夏季	香港水域	不明	致死鱼类达 120 吨, 损失达 2.4 万英镑
1987 年 8 月	香港吐露港	<i>Skeletonema costatum</i>	网箱养殖损失达 300 多万港元
1988 年 12 月	大鹏湾盐田至南澳沿岸	<i>Noctiluca scintillans</i>	海面有腥臭味, 发现死鱼浮于水面, 岸边沙滩堆集黏臭物
1989 年 4 月	深圳湾	不明	鱼、贝类死亡, 威胁到海洋生态环境
1991 年 3 月	大鹏湾	<i>Chattonella marina</i>	网箱养殖几十万尾鱼苗死亡
1997 年 11 月	饶平海域	<i>Phaeocystis pouchetii</i>	网箱养殖名贵鱼类死亡数百吨, 经济损失 6 000 多万元
1998 年 3 月	香港水域	<i>Cochlodinium</i> sp.	网箱养殖损失 2/3, 死鱼至少 1 500 吨, 损失 3 亿多港元
1998 年 3 月	大鹏湾、珠江口	<i>Gymnodinium mikimotoi</i> , <i>Dinophysis</i> sp.	网箱养殖名贵鱼类死亡 300 多吨, 经济损失 4 000 万元
1998 年 4 月	阳江东平港	不明	2 万多平方米网箱养殖鱼苗和成鱼大部分死亡, 损失 500 万元
2000 年 8 月	大亚湾	<i>Gyrodinium</i> sp. <i>Gonyaulax ovalis spinifera</i> , <i>Peridinium</i> sp.	100 多个渔排受损, 经济损失 500 万元

2 石油污染

石油污染一直是广东沿海水域最严重的污染问题之一,1985年以来的监测数据表明(图1-4),广东沿海水域石油历年浓度均值都接近甚至超过渔业水质标准(0.05mg/L),尤其以1992年和1993年的均值最高。珠江口及其附近海域、北部湾东北部沿海和海南岛东侧沿海是石油污染较严重的水域。

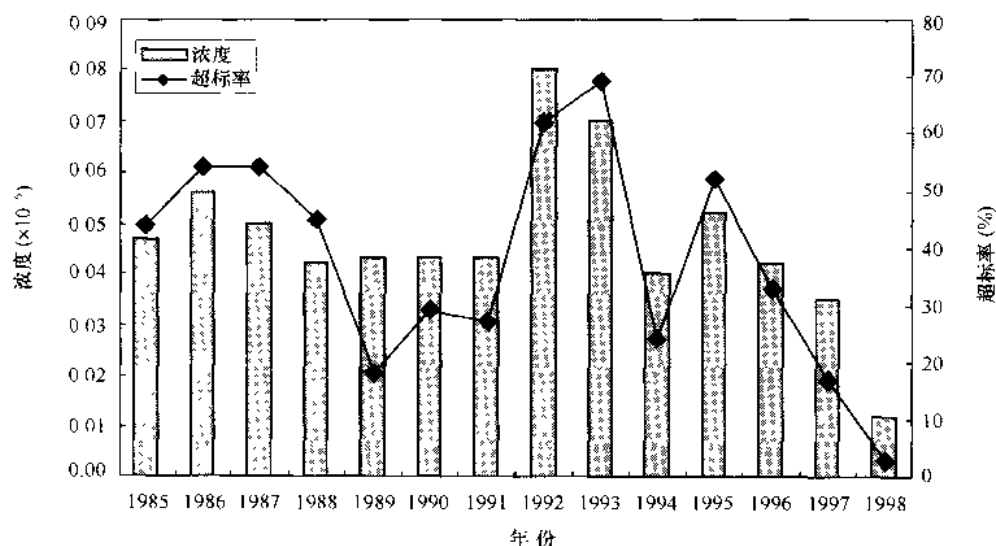


图1-4 广东沿海水域石油类浓度及超标率的年度变化

石油污染对沿海水产养殖的影响主要有:引起养殖生物急性中毒死亡、滞缓生物的生长发育、生物体内石油烃积累、水产品沾染异味。吴彰宽等报道,胜利原油对中国对虾(*Penaeus chinensis*)受精卵及幼体的毒性影响次序为:溞状幼体>糠虾幼体>无节幼体>受精卵,其对上述各发育阶段幼体影响的最低浓度分别为0.1,1.8,3.2和5.6mg/L,当油浓度为0.07~0.12mg/L时,溞状幼体的变态率为50%,而当油浓度为0.32mg/L时,变态率几乎为0。贾晓平等对南海原油、0号柴油和20号柴油对斑节对虾(*Penaeus monodon*)受精卵和幼体发育影响效应的研究结果与上述结果相似,所不同的是这几种油类在更低的浓度时即抑制溞状幼体变态并导致死亡。林庆礼等的研究结果表明,海水中油浓度达1.8mg/L时,极显著地影响中国对虾幼虾的生长速度。贾晓平等测定了南海原油、20号柴油和0号柴油对4种仔虾的急性毒性阈值(96hLC₅₀值),其范围分别为2.40~4.09mg/L、0.72~3.02mg/L和0.17~0.95mg/L。当石油烃积累到一定含量时,可使生物体带有异味,即为“油味生物”。文献中曾经报道,海水中石油浓度达到0.01mg/L时,在较短时间内能使鱼虾致嗅。我国学者近几年的研究表明,20号柴油对中国对虾的致嗅阈限浓度为3.6μg/L(5天);胜利原油对中国对虾的阈限值为9.4μg/L(9天)。广东沿海海水石油烃含量相对较高,珠江口、镇海湾、水东湾和湛江港水域均有油味生物出现。

3 重金属污染

广东沿海工业废水中汞、镉、铅、砷、铬、铜等主要重金属排放量总体呈下降趋势,但局部地区呈上升趋势,加上重金属不分解、易积蓄的特点,沿海局部水域的水体、底质和生物体中的重金属存在不同程度超标现象。重金属以对海水养殖贝类的影响比较明显,深圳湾、唐家湾、香洲湾、广海湾是重金属污染的热点水域,镉和铜是目前的主要污染物。

广东沿海重金属污染物已对某些重要养殖水域和养殖生产造成危害,其中对鱼虾人工育苗、放养幼苗的生长发育及水产品质量的影响比较突出。海水中重金属浓度达到一定范围时,对对虾各期幼体有不同程度的影响。袁有宪等指出,痕量水平的离子态铜($10^{-10.80} \sim 10^{-8.80}$ mol/L)对对虾卵子发育及无节幼体生长是必需的,但浓度大于 $10^{-7.8}$ mol/L 时产生毒性;中国对虾各期幼体对铜、锌、铅、镉离子的综合影响的敏感顺序为:无节幼体 > 溞状幼体 > 糠虾幼体 > 仔虾,当海水中上述 4 种重金属离子浓度各为 $15 \mu\text{g/L}$ 时,对无节幼体到溞状幼体和溞状幼体到糠虾幼体的变态有抑制作用;而各离子浓度达 $60 \mu\text{g/L}$ 时,对各期幼体都有明显危害。吴彰宽等的试验显示,海水中汞、铜和锌的浓度分别为 0.01, 0.10 和 0.1 mg/L 即极显著地影响中国对虾受精卵的发育和无节幼体的成活率,仔虾对上述 3 种重金属的 96hLC₅₀ 值分别为 0.018, 0.17 和 0.3 mg/L。陈碧鹃等和王安利等也报道了大体相似的结果,重金属铜、锌、镉和铬对斑节对虾的急性毒性(96hLC₅₀ 值)分别为 0.571 0, 1.363, 0.019 75 和 4.782 mg/L。

4 环境激素与农药

大量的人工合成化合物、化学物质和农药进入水体,导致水生生物和养殖对象体内分泌失调,这种内分泌失调的破坏者即是所谓环境激素。目前已初步认定的环境激素物质有 70 余种,如二噁英、多氯联苯和有机锡等。这些环境激素能干扰水生生物和人体内许多基本功能,如新陈代谢、生长、发育、生殖和免疫功能。这些物质存在于广泛使用的工业、农业和生活用品中,如油漆、清洁剂、润滑剂、化妆品、纺织品、杀虫剂、除草剂和塑料制品等,并通过排污、倾废、渗漏、径流等多种方式进入渔业水域,对渔业生态环境和水产品质量产生明显的影响并且存在日趋严重的潜在威胁。

第二节 对虾养殖生产自身污染及对养殖生态的影响

我国的生产性对虾人工养殖系统(包括集约化、半集约化养虾池)采取的是单池养殖、基本不排污或少量排污的生产方式,对虾的摄食、排泄、活动和代谢产物的分解转化都在同一个池塘中进行,养虾池既是对虾的摄食场所,又是对虾的排泄场所,也是养殖代谢产物的分解转化场所。为了保障对虾的正常生长,必须往养殖池塘中投入大量的配合饲料以及肥料、消毒剂、治疗剂、调节剂、添加剂等,这些投入品造成养殖池塘的自身污染,并引起养殖生态发生变化,反过来也会影响对虾的正常生长。

1 对虾人工养殖生产自身污染状况

1.1 投喂饲料带来的自身污染

人类开展对虾养殖的目的就是要获取成品对虾的高产量,为了保证养殖对虾的正常生长,必须在人工养殖系统中投喂高营养的配合饲料。以广东省的普遍情况,管理良好的集约化、半集约化对虾养殖生产,使用营养合理的配合饲料,其饲料系数平均约为 1.3,即养成 1kg 对虾需要 1.3kg 对虾配合饲料。

普遍而言,对虾配合饲料含水分不高于 12%、粗蛋白约 40%、粗脂肪约 5%、粗纤维约 4%、粗灰分约 16%、碳水化合物约 23% (表 1-2)。养殖对虾含水分 73.825%、粗蛋白 20.43%、粗脂肪 0.775%、粗灰分 1.645%、碳水化合物 3.325% (表 1-3)。

表 1-2 市售对虾配合饲料的营养成分

(单位:%)

项目	水分	粗蛋白	粗脂肪	粗纤维	粗灰分	碳水化合物
虾苗料	<12	>42	>6	<4	<16	>20
小虾料	<12	>40	>5	<4	<16	>23
中成虾料	<12	>38	>4	<4	<16	>26
平均	12	40	5	4	16	23

表 1-3 养殖对虾的营养成分

(单位:%)

项目	水分	粗蛋白	粗脂肪	粗纤维	粗灰分	碳水化合物
斑节对虾	73.8	18.6	0.8	0	1.6	5.2
凡纳滨对虾	73.85	22.26	0.75	0	1.69	1.45
平均	73.825	20.43	0.775	0	1.645	3.325

那么,以干物质计算,生产 1kg 对虾仅产生 261.75g 对虾干物质,必须消耗 1.3kg 对虾配合饲料(即 1144g 饲料干物质)。显然,饲料中的大量营养物质并没有转化成为虾体营养物质,而是变成各种代谢产物进入养殖系统。据计算,养成 1kg 对虾,进入养殖环境的饲料干物质有 882.25g,其中粗蛋白质 315.7g、粗脂肪 57.25g、粗纤维 52.0g、粗灰分 191.55g、碳水化合物 265.75g。这些物质以对虾排泄物、残存饲料的形态进入养殖池塘,一部分转化成为浮游微藻、浮游动物、原生动物、细菌等生物体进入再循环,一部分以溶解态和固态物质存留养殖水体和底质中。

广东省是我国主要的对虾养殖基地,近年来对虾养殖业不断发展,2002 年全省对虾养殖产量达 20 万吨(其中海水养殖对虾 12 万吨,淡水养殖对虾 8 万吨),居全国首位,对虾养殖业成为广东省农业结构调整的目标产业,“一条虾工程”为繁荣沿海农村经济和带动渔农群众脱贫致富作出了贡献。但对虾养殖业的自身污染程度也相当惊人,养殖 20 万吨成品对虾,需向养殖环境排入饲料干物质 19.2 万吨,其中粗蛋白质 6.314 万吨、粗脂肪 1.145 万吨、粗纤维 1.04 万吨、粗灰分 3.831 万吨、碳水化合物共 5.315 万吨。

1.2 其他投入品带来的自身污染

人类依据生产目的建立的对虾人工养殖系统把大量生长基本同步的对虾圈养在一个有

限的空间里。在这个空间里,环境负荷加大,环境自身净化能力不足以缓解环境负荷的压力,生态环境恶化以至引起对虾发病和死亡。为了使对虾健康生长,保障对虾养殖生产的效益,人们在养殖过程中投入各种治疗剂、消毒剂、水质和底质改良剂、肥料及饲料添加剂。这些投入品起到一定的消毒灭菌、改善养殖生态环境、促进对虾生长的作用,但也加重了养殖生长的自身污染。尤其是各种消毒、杀菌药物的大量使用,结果破坏了养殖动物、微生物和环境三者构成的动态平衡,一方面导致病原生物的不断孳生和有害物的产生;另一方面导致养殖动物生理代谢功能的障碍和免疫力的下降,最终导致疾病的暴发和流行。抗生素药物的使用还将危害成品对虾的使用安全。

2 对虾养殖生产对周边环境的污染

2.1 对虾养殖过程的排水量

近几年来,广东省的集约化、半集约化对虾养殖基本采用半封闭养殖模式,普遍一年养殖2茬,每茬养殖90~130天。养殖前期30天内基本不换水,视情况少量添水,最后水深保持120~180cm。养殖的中期开始适量换水,并逐渐加大换水频率和换水量,一般每隔7~10天换水一次,每次换水20%~30%。

以养虾池平均水深1.5m、每茬养殖110天、中后期每隔8.5天换水25%计,则每公顷虾池平均水体为15 000m³,全年养殖2茬,换水19次,每次换水量为25%,收获时排干池水。据此,可以估算出每公顷虾池每年养殖废水排放量(Q)为:

$$Q = 15\,000\text{m}^3 \times 2 + 15\,000\text{m}^3 \times 25\% \times 19 = 101\,250\text{m}^3$$

2.2 对虾养殖污染物的排放量

对虾养殖过程中所产生的自身污染一部分直接积累于池底,一部分可以通过虾池中微生物的分解作用和虾池中浮游植物的光合作用进入再循环,一部分通过排换水排出池外,对邻近海域的环境产生一定的影响。

本项目对半封闭式养殖模式下对虾养成过程中虾池的生态环境进行了为期3个多月的综合调查研究。结果表明,对虾养殖中、后期,虾池水体中主要污染物质的浓度明显高于蓄水池(水源)中的浓度(表1-4)。据此,可算出平均每公顷虾池每年的养殖废水中污染物质COD的排放量为245.03kg,氮的排放量为2.41kg,磷的排放量为4.84kg。

表1-4 对虾养殖中、后期主要污染物质的浓度

项目	COD(mg/l)	TIN(μmol/L)	PO ₄ -P(μmol/L)
养殖池	4.13	7.91	1.97
蓄水池	1.71	6.21	0.43
差值	2.42	1.70	1.54

3 对虾人工养殖系统物质循环特点

对虾是一类杂食性动物,在人工养殖系统中,对虾的主要食物来源于人工投喂的配合饲料,但也摄食养殖环境中的有机碎屑和细菌菌团,在生长前期(体长7~8cm以前)还摄食养

殖水域中的浮游动物和浮游微藻。因此,养殖过程产生的代谢产物可以通过细菌、浮游微藻、浮游动物的活动进入物质的再循环,从而削减自身污染的程度。

养殖前期,对虾除了摄食人工配合饲料,也摄食菌团、有机碎屑、浮游动物、浮游微藻。养殖过程产生的代谢产物,包括虾的排泄物、残存饲料、浮游动物和浮游微藻的尸体等,经过微生物的降解、转化,成为无机元素,促进浮游微藻繁殖生长,进而促进浮游动物的繁殖生长,同时微生物在降解有机物的过程中得以繁殖生长,形成菌团。浮游微藻、浮游动物和细菌菌团构成了对虾食物来源的一部分,养殖系统的物质处于良性循环阶段(如图1-5所示),自身污染程度较轻。

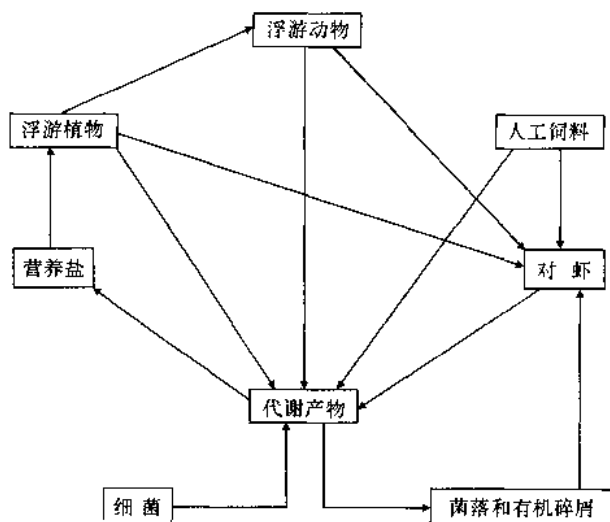


图1-5 养殖前期虾池物质循环渠道

养殖中后期,对虾基本上以人工配合饲料为食物来源,除了摄食一些菌团和有机碎屑外,极少摄食浮游动物和浮游微藻。而随着对虾的生长,投入养殖系统的饲料量增大,对虾的排泄物、残存饲料增多,养殖环境营养水平提高,浮游微藻和浮游动物大量繁殖但得不到消耗,老化、死亡的细胞增多,大量的代谢产物在养殖系统中累积(如图1-6所示),自身污染程度逐渐严重。而且,在污染严重的环境中,弧菌等条件致病菌容易大量繁殖,产生的菌团被对虾摄食后易于引起对虾病害的发生。

4 对虾人工养殖系统微生态的演变规律

4.1 养殖前期微生态的演变

养殖前期(放苗前至放苗后一个月内),虾的个体小,投喂的饲料量少,浮游动物、植物的数量也少,所产生的代谢产物不多,生物的总好氧量和环境的有机耗氧量低。这段时期内,养虾池里溶氧量比较充足,有机质在好氧性微生物的分解作用下,产生二氧化碳、水,以及硝酸盐、硫酸盐、磷酸盐等无机盐类,为浮游单细胞藻类进行光合作用提供营养,而浮游单细胞藻类的光合作用又为养殖虾的呼吸和有机质的氧化分解提供溶氧,并营造良好水色和透明度,为对虾的生长提供良好的生境。虾池微生态环境处于相对稳定的良性循环状态(如图1-7所示)。