

2012 年和 2013 年中国海洋微生物学成果分析 * Analysis Achievements of Marine Microbiological in China During 2012 and 2013

郑风荣, 陈皓文 * *

ZHENG Feng-rong, CHEN Hao-wen

(国家海洋局第一海洋研究所, 山东青岛, 266061)

(First Institute of Oceanography, SOA, Qingdao, Shandong, 266061, China)

摘要:【目的】为了更好地了解海洋微生物学的研究动态, 剖析 2012~2013 年中国学者发表的海洋微生物学论著状况。【方法】从 229 份报刊中查询到 162 份载有海洋微生物学相关的论文, 约 725 篇(学位论文未计入内), 对这些论文的研究动态、方法及结果等进行分析。【结果】这两年是历年来论文最多的年份, 改变了过去该学科几乎仅为涉海单位、人员和报刊所专有的状况, 研究人员和内容大为扩展。人们关注深海大洋、极地和海洋微生物基础性研究的热情空前高涨。【结论】海洋微生物学在国内展现了勃勃生机和广阔前景, 还需更多资深专家和有为学者付出更大的努力, 才能取得令人瞩目的成果。

关键词: 海洋微生物学 应用性研究 基础研究

中图分类号: Q93 文献标识码: A 文章编号: 1002-7378(2014)02-0134-09

Abstract:【Objective】In order to understand the progress of marine microbiology, this paper analyzed the published works of marine microbiology in China during 2012~2013.【Methods】From 229 newspapers and periodicals, there are 162 newspapers or periodicals about 725 related articles were found (online and dissertation are excluded) related to marine microbiology. The research progress, methods and results of these papers were analyzed.【Results】In these two years, the paper of marine microbiology was vastly increase. The research content and scientist were expanded. The attention on Deep Ocean, polar and basic research of marine microbiology was dramatically increase.【Conclusion】This subject shows the vitality and broad prospects in marine microbiology, and more senior scholars and promising middle-aged scholars are expected to put efforts for notable achievements.

Key words: marine microbiology, applied research, basic research

一般认为研究海洋中微生物的学科即是海洋微

生物学,但是由于这个界定涉及到海洋的定义和认识,而且微生物本身也包罗万象,所以对其概念的界定或定义,至今尚未定论,还在变化之中。学科的交叉和渗透,出现了生物海洋学,它的界定、思路与研究角度肯定不雷同于海洋生物学。微生物作为生物系统中的广泛生存/作用者,人们对其认识的时间短,难度较大,所以很晚才提出微生物海洋学这一概念。2002年,陈皓文等在《自然杂志》上提及微生物海洋学,2009年 C. Bowler 等在《Nature》上发表《Microbial Oceanography in a Sea of Opportunity》。按照惯例,微生物海洋学大约可以定义为,用

收稿日期:2014-02-10

修回日期:2014-04-05

作者简介:郑风荣(1975-),女,副研究员,主要从事水产病害微生物学研究。

* 海洋公益项目(201205025,201205020),国家海洋局海洋生物活性物质与现代分析技术重点实验室开放基金(MBSMAT-2011-06)资助。

* * 通讯作者:陈皓文(1941-),男,研究员,主要从事海洋、极地、环境和水产微生物学及活性物质的研究。E-mail: haowen_chen@aliyun.com.cn。

微生物学理论、技术和方法来研究海洋中的微生物现象及变化规律,并研究海洋水体、大气、岩石和生物圈与微生物间的相互作用的学科。国内学者,如肖湘等针对归入微生物海洋学初步研究其范畴,主要方向是一些深海环境中微生物生命系统嗜极微生物的适应机制、新型生物活性物合成基因即生态遗传、代谢和活性物等等。

本文分析中国大陆2012~2013年海洋微生物学研究成果的状况,发现该学科的论文主要分布在162份刊物之中,约725篇。这些论文反映出2012~2013年度海洋微生物学研究呈扩张趋势,具有三大特点:特点之一是,研究者对国内研究状况进一步关注的同时,更全面深入地跟踪国外研究动态,二是基础性研究论文数量有较大增长,已超越应用性研究论文,而且此增长势头有增无减,三是参与人数增多,大约有1500人次参与,参与者的面(包括学科/人/单位及所在省市区/报刊等)都有扩大。对海洋微生物学关注和研究不再仅为涉海单位人员及涉海省市区,已经扩及内陆省市区,所涉及的学科也大大扩展,不同学科的学者运用自身优势,从多角度认识海洋。多学科的互补配合将更有利于开发/利用海洋微生物资源,证实海洋微生物学科的包容性,发散性和接纳力。

1 2012年和2013年中国海洋微生物学研究概况

1.1 对研究动态的追踪观察

涉及此范围的论文数超过40篇,关注的角度从宏基因组学到各类环境的生态学,而不放弃有效实用方法技术。从分子微生物学到蓝色生物经济、海洋酸化及生态效用^[1],发掘各种生境微生物资源乃至各种生物代谢活性物质,多有关关注。从应用基础到实际应用,提高了分子生物学技术水平。触及深海大洋或以往不被关注之物,从更高更深更广的角度审视相关学科。

1.2 关注研究方法的改进和实用技术的创新

对方法与技术的关注已走出传统模式,但不放弃以往的有效实用技术,研究的广度和深度都有大幅提高,有相关论文30篇。建立了更新的放线菌分离技术^[2],SELEX筛选嗜水气单胞菌,胞菌适体法^[3]、基于PCR-DGGE技术分析生物絮团的细菌群落结构^[4],淤泥微生物DNA提取^[5],深海放线菌——耐热海洋放线孢(*Marinactinospora thermotolerans*)SCSIO 00652遗传操作系统,参数

模型和无参数估计法预测16SrRNA基因分子原位杂交用于细菌丰度估计,原位杂交法测刺参病毒,PCR-DEGE指纹图谱分析皱纹盘鲍肠道菌和海水浴场细菌多样性,三重实时荧光PCR、间接ELISA法测黏附特性等。HPLC-MS/MS法测水产品种硫酸粘菌素、抗菌肽及维吉尼霉素M1残留量,液相色谱质谱联用测泰勒菌素残留量,气相色谱测脂肪酸。活性追踪法分离环二肽,海水BOD传感器。基于ToxR和rtxA基因同步推测病原弧菌,基于氧化还原酶活性时变研究巴利阿里假单胞菌(*Pseudomonas balearica*)中心碳代谢^[6]以及响应面法优化发酵产糖等上都有建树。

1.3 基础性研究

基础研究得到进一步增强,如浮游病毒时空分布^[7],溶氧低值区细菌多样性^[8],某嗜热菌锰超氧化物歧化酶的克隆与表达^[9],海洋生物活性药物对细胞周期与凋亡调控在抗肿瘤中的作用^[10],对极端环境的适应机理及应用^[11]。中国海域中细菌分布特征^[12],地质微生物功能群在生命与环境中的相互作用^[13]等等。

1.4 应用基础性研究

应用基础方面的相关论文约有23篇,包括右旋糖苷酶分批发酵^[14]、某亚硫酸杆菌代谢产物^[15]、脂肪酶菌株^[16],重组海洋细菌漆酶潜力^[17],胞外酶活性^[18],重组锰氧化物歧化酶工程菌^[9]、对溶藻胶弧菌抗性的选择^[19],嗜硫小红卵菌多羟基丁酸的生产^[20]等等。

1.5 生物活性物质研究

生物活性物质方面的研究论文约100篇,所涉及的微生物类别庞大,包括各种细菌如假交替单胞、拟诺卡氏菌、放线菌、链霉菌,各种真菌如内生真菌、青霉、曲霉、酵母。其中以真菌为研究对象的最多,有30篇,其次为放线菌,达20篇。活性包括抑/抗菌、抑/抗病毒、杀线虫、抗肿瘤、抑藻等。活性物质有多种酶,如糖苷酶、几丁质酶、蛋白酶、多糖、糖苷、类胡萝卜素促进剂、多酚黄酮类代谢物及提取物。微生物来自的生境,包括深海、极地、红树、海绵等海洋生物^[21~29]。生物活性物质方面课题多年来一直引人不断探索,但真正达到工业化应用水平的却少之又少,尚待人们不懈努力。

1.6 环境与生态研究

1.6.1 生态

论文所涉生境多样化,广为人们所关注。例如,粪大肠菌群时空分布^[30]、降解原油微生物群落^[31]、

长江口浮游细菌^[32]、耐盐碱菌株^[33]、湿地土壤微生物群落^[34]、东海南海细菌多样性^[35]、鱼肠细菌群落比较^[36]等等。

1.6.2 浅海近岸

约有30篇文章论及浅海近岸。这是一项比较传统的研究领域,但随着眼光、手段的不断提升,其研究触及范围涵盖海岸、潮间带、海滩、三角洲、长江口、珠江口、鸭绿江口海湾、台湾海峡、浅海及近海海域及沉积物等。就厌氧发酵、古菌分布、微生物数量与环境、浮游细菌类群、好氧氨氧化群落多样性、有用菌筛选、甲烷菌、趋磁细菌、真菌、新方法应用等作了广泛探讨^[37~41]。至此,针对中国海域的主要河口及相关海区都提出了相当的微生物学观点。

1.6.3 深海大洋

至少有25篇文章涉及深海大洋。随着人们海洋意识的增强,许多内陆单位/人士将眼光投向海洋。这些研究包括南海沉积环境真菌、黑潮沉积物古菌、南大西洋深海热液区、深海细菌。包括芽孢杆菌、甲烷菌、化能自养菌、嗜热菌、生态、适应性、分子多样性以及活性物质。对印度洋、南大洋的微生物、微小型生物进行了一些研究。人们不仅关注微生物自然生态状况,而且对一些深海生物活性物质的应用前景提出了希望^[43,44]。

1.6.4 极地

中国对极地微生物学研究可追溯至20世纪80年代,历年来该课题都在不断增多,从南大洋、北冰洋到地球三极,从海面及其上大气乃至到海底沉积物,从南极半岛伸向南极洲大陆及至北极圈内外都有微生物学工作者的足迹,并取得丰硕成果。研究已从点延伸至面,从细菌扩及病毒、真菌,从传统方法向分子生物学提升,从基础向应用基础开发利用方向发展。2012~2013年相关论文约20篇,如假交替单胞菌某基因表达及对环境的响应^[45],北冰洋微小型、微型浮游植物、细菌丰度变化与水团关系^[46],南极冰海水细菌产生的胞外多糖及其对大菱鲆产生的免疫活性,南极嗜冷菌(*Psychrophilic bacteria*)普遍胁迫蛋白(USP)基因克隆及应答特性,阿德雷岛不同基质真菌,南极放线菌N-1抑菌成分等,就北极海冰细菌质膜对水温盐度变化的响应,夏季白令海浮游细菌多样性和群落组成^[47]和北极青霉菌C-5次级代谢物等也做了相应研究。

1.6.5 红树植物

多年来研究者对红树林及半红树林的微生物都在进行研究。研究方向主要包括藻菌关系、原生态

环境放线菌^[48]、放线菌、细菌、疣孢菌、霉菌的产物等活性物质^[49]。湿地环境污染中微生物的应用^[50],相关论文约15篇。

1.6.6 养殖环境

养殖环境方面的研究有,桑沟湾生态系统评价及其不同养殖区水体微生物群落^[51],不同养殖区红藻表面假单胞菌多样性,象山港细菌群落结构及对环境的修复作用、海南陵水养殖区水体异养菌耐药性,粤东养殖区弧菌胞外产物致病性^[52],鲆鲽鱼类循环水系统病原菌去除等养殖区及养殖中微生物制剂的应用^[53]等。

1.6.7 环境污染及防治

环境污染及防治方面的研究有,胶州湾PAH污染与可培养细菌多样性^[54],渤海湾潮间带沉积物微生物群落受多环芳烃的影响,九龙江口解有机磷细菌,大连溢油对石油降解菌异养菌的影响,船舶压载水海洋微生物团羟基自由基等致死性等。还就多环芳烃降解菌的筛选、分类鉴定及降解条件^[55],异养细菌等微生物对溢油等的响应及影响,岸滩溢油生物降解金刚烷变化,好氧降解轻烃等做了模拟试验。还对季铵盐及SW303对明亮发光杆菌的毒性,对异养硝化—好氧反硝化菌株Y3的环境适应性也作了试验。

1.7 各类微生物分论研究

1.7.1 宏基因组学

各种各样生物基因物质包括其片段都无时无刻在周而复始地进行着遗传、变异、分离、重组、创新。介导水平基因转移因子广泛存在于海洋中^[56],而宏基因组学的兴起将吸引人们从宏观范围对海洋DNA乃至微生物群体从基因和生态功能上来认识开发和利用多样性,将会无限大地挖掘海洋资源,使许多产业发生革命,但成熟的先例迄今尚未见报道。

1.7.2 病毒

病毒研究不仅延续对虾白斑综合症病毒(WSSV)的关注,如南美白对虾WSSV病防治^[57]、脊尾对虾WSSV的结构蛋白,WSSV感染对虾的途径及滴度以及温度对此的增毒机制,WSSV对凡纳滨对虾热休克蛋白60和90表达的影响,WSSV胶体金免疫层析试纸条优化;而且对其他养殖品种的WSSV也引起注意^[58],对虹彩病毒、淋巴囊肿病毒、流感病毒、神经性病毒、皮肤肿瘤病毒^[59]、呼肠孤病毒、轮状病毒、桃拉病毒、传染性皮下造血组织坏死病毒(IHHNV)、藻类病毒、海水浮游病毒等11种(类)病毒都作了一些研究^[60]。此方面的课题约25

篇论文。此外对噬菌体也有猎涉。

1.7.3 古菌

进入21世纪,中国学者关注古菌研究的执着有增无减,两年内相关论文超过20篇,涉及多样性^[61],沉积物、海岸带古菌及噬菌体^[62]、奇古菌门^[63]及基因、酶等。

1.7.4 细菌

至少对15种(类)细菌作了研究,包括副溶血弧菌^[64]、溶藻弧菌^[65]、芽孢杆菌、成团泛泛菌、趋磁细菌、哈维氏弧菌^[66]、厌氧氨氧化细菌、琼胶降解菌、拟诺卡氏菌、芽胞杆菌、多粘类芽胞杆菌^[67]、迟缓爱德华氏菌、沼泽红假单胞菌、根瘤菌、腐败希瓦氏菌、嗜冷杆菌^[68]、噬水栖热菌^[69]、嗜水气单胞菌、无乳链球菌、异养细菌^[70]、微型浮游植物、细菌在环境污染物降解中的作用等均有研究,其中对弧菌的研究论文多达10篇以上,且以溶藻弧菌和鳗弧菌为主。

1.7.5 放线菌

除了与红树林相关的放线菌外,还从不同海洋生境中分离、鉴定出一些放线菌。包括深海^[71]、北极、海绵等,且对它们的基因代谢物^[72]功能等作了研究,相关论文20篇以上。

1.7.6 共、附生微生物

抗硅藻附着的细菌,自海绵海鞘分离可培养放线菌及多样性,红树林放线菌及其糖苷类与仿刺参共附生的放线菌 *kytocooccus* sp. 产环二肽^[73],红树内生真菌产多糖,真菌产多糖,浒苔共生真菌 HT-2 代谢物木榄根际土壤青霉菌 MA-37 的化学成分,喜树内生真菌次级代谢物,共附生于真五角海星的白色侧赤霉菌代谢物,软珊瑚共附生细菌多样性及产碱活性分析,龙血树用真菌诱导产血竭,虎皮楠内生真菌的化学成分^[74]等等都有广泛研究。

1.7.7 真菌

相关论文约38篇。从不同生境分离、鉴定、筛选出20多种(类)真菌,包括7种内生真菌^[75]、曲霉、青霉^[76]、裂解壶菌^[77]、5种酵母等^[78]。对其中的一些真菌作了新陈代谢产物分析,如高效产油脂^[79]、抗流感病毒^[80]等。一些海洋真菌展现了诱人的应用前景,但离实用化还有许多技术需攻关。

1.8 应用海洋微生物学的研究

应用海洋微生物学的研究,仍是2012~2013年我国海洋微生物学研究的重点之一,其中主要应用仍是海产养殖生物病害的防、控、治三方面,所用方法和技术有了更新和发展,关注养殖对象更宽,对养殖生态、环境有了更多的综合性考量。涉及论文约

350篇。

1.8.1 总论

总论约11篇,其中涉及水产品中食源性致病微生物风险^[81],病原菌耐药性^[82],益生菌作用^[83],现代微生物识别技术^[84],光合菌、发光菌^[85]及菌-藻体系起的净化作用^[86]等。

1.8.2 各论

1.8.2.1 虾

虾的病害还是历来的重点关注,约有38篇涉及。主要针对脊尾白对虾、斑节对虾、凡纳滨对虾、中国对虾病害^[87],南美白对虾弧菌病^[88],其中论及中国对虾的白斑综合症、肠道菌和抗菌肽论文有13篇^[89~92]。

1.8.2.2 蟹

有对三疣梭子蟹抗溶藻弧菌品系、弗氏柠檬酸杆菌的研究,也有就WSSV对红螯光壳蟹、幼虾肝胰腺免疫酶活性、三疣梭蟹致病菌的分离子鉴定及致病性的研究^[93]及其超微生物研究。

1.8.2.3 软体动物

包括有文蛤、4种牡蛎、3种扇贝、合浦珠母贝、珍珠贝、杂色贝等的病害、基因的研究^[94,95]。用DGGE技术就扇贝养殖区细菌群落变化,微型真核浮游生物作分析^[96]。低密度时的微生物膜对厚壳贻贝稚贝附着的影响、皱纹盘鲍肠道菌、企鹅珍珠贝肠道及养殖水体异养菌耐药性、虾贻扇贝死因及流行病学、东风螺致病菌。鲍的常见病种类及杂色鲍幼体附着基藻际细菌^[97]等方面都有涉及。还有对参、刺参、仿刺参病害及养殖环境的研究^[98,99]。

1.8.2.4 鱼

鱼的微生物学研究是本年度应用性研究的第一重头戏。对河豚、灰额刺尾鱼、罗非鱼、斑马鱼、黄颡鱼^[100]、鳗^[101,102]、鲟^[103]、鲟(大菱鲟、牙鲟)、斑鳢^[104]、大黄鱼^[105]、鲈(包括加州鲈、大眼鲷鲈)、无鳞鱼、石斑鱼(3种)、黄姑鱼、鲷鱼、鳊鱼、许氏平鲈、白鲟鱼^[106]、斑点叉尾鱼、卵形鲳鲷、点篮子鱼、刺骨舌鲷、条石鲷、美国红鱼、鳕、鲑等21种鱼作了研究。如鳗鲡外周血细胞体外嗜水气单胞菌模型及对表皮粘液特性的影响,罗非鱼源无乳链球菌基因克隆及推导蛋白,斜带石斑鱼肠道乳酸菌,浅色黄姑鱼溃烂症病原鉴定,大黄鱼受致死弧菌感染后的血症,该鱼抗菌肽 hepecidin 抑菌。鲷鱼诺卡氏菌培养条件^[107]、鳊鱼消化道细菌、大菱鲟红体病病原菌^[108]、鲟鳃类鱼病原菌多克隆抗体制备、循环水病原菌分布及消除,繁茂膜海绵龙须菜对牙鲟养殖的去病去

污、斑点叉尾鲴 TLR20 和 21 基因经不同细菌和病毒感染后的表达特征。其中对鳗、鲢、石斑鱼和黄颡鱼等的关注最多。

这表明,人们对鱼的养殖环境生态相当重视,不再头痛医头、脚痛医脚地临阵性、短期地作出应急措施,已深知综合治理的重要性。

1.8.2.5 藻

藻的研究约有 12 篇文章涉及,包括坛紫菜病害^[109]及紫菜养殖环境、藻胆蛋白、浒苔腐烂过程水体细菌结构^[110]、微藻伴生细菌、菌藻联合调控氮氮技术及海藻多酚抑病菌等^[111]、江篱中类菌孢素氨基酸,小球藻多糖体外抑菌、溶藻菌溶甲藻等。

1.8.2.6 材料腐蚀与保护

随着海洋开发、海洋工程的发展,人们已经认识到海洋环境会对材料产生各种各样的腐蚀、破坏作用,对相关的腐蚀起因、原理及防蚀、保护手段比以往都有所重视。有 8 篇论文涉及,如天然海中微生物膜对碳钢、304 不锈钢的影响^[112]、海淡水系统中的腐蚀保护机理、锈蚀中细菌多样性、与海绵相关连细菌的抗沾污活性、厌氧微生物腐蚀紫铜^[113]及油气硫化氢等。

2 论文数量及所载报刊分析

2.1 论文数量

不完全统计表明,2012~2013 年在报纸和期刊发表的海洋微生物学文章数量是历年最多的年份,其中报纸上的相关文章不多。虽然以会议、单位、学位和网上发表的相关论文不少,但本文未统计在内。

2.2 论文所载刊物分析

之前,海洋微生物学论文多发表在涉海报刊,如《海洋科学》、《海洋与湖沼》、《水产学报》、《水产科学》等等。2012~2013 年这种情况发生了较大变化。对 229 份报刊(刊物为主)作了搜索,发现有 67 份刊物无相关文章,其余 162 份至少有 1 篇文章发表,而其中的 68 份刊物至少各发表 2 篇文章。68 份刊物 2012 年发表相关论文数最多的刊物是《海洋科学》,居前 5 位的刊物依次为《水产学报》、《海洋与湖沼》、《水产科学》、《安徽农业科学》、和《中国海洋药物》(与《水产养殖》并列)。2012 年这 68 份刊物的相关文章数合计为 436 篇,占全部文章数(525)的 83.0%。另外的 94 份刊物各发表 1 篇。非传统涉海刊物的加入,表明国人对海洋的关注正在升温。

2.3 英语论文情况

由于条件所限,未能对中国学者在国外发表的

论文作全面统计。2012~2013 年以英语写的论文约 88 篇,分别发表在 12 份英语刊物上,其中有 6 份是在国外出版,国内英文期刊主要查阅了 SCI 及 EI 来源的期刊,包括中国海洋大学学报(英文版),海洋学报(英文版)和中国海洋湖沼学报(英文版),约 30 余篇。2013 年国内 SCI 源期刊关于海洋微生物学的研究主要包括深海热液喷口沉积物微生物群落结构和多样性^[114],VP28 重组细菌提高脊尾虾免疫力^[115],瓜伊马斯盆地热液喷口区 Thermococcales 的分子多样性^[116],趋化相关基因 affects multiple 细胞中断以及病原哈维弧菌的毒力^[117]。中国海域秋冬季不同水团的微微型浮游生物分布^[118],微藻等鞭金藻烷酰一酰基载体还原酶的分离与表征^[119]等等。相关论文的作者,有的在国外,但他们的成果大多水平较高,这表明中国学者创造的学术业绩越来越被国际同行所认可,在国际上的地位越来越强大。

2.4 论文作者分析

对 2012~2013 年论文的作者数量作了个估计,大约已超过了 3000 人次。论文参与者中,大约有 3 位中国科学院或工程院院士,其中第一作者一位。这表明院士们对海洋微生物学科仍保有热情和关注,但多不能亲力亲为。要想让中国海洋微生物学更上一层楼并持续发展,必须要有资深专家、权威人士的领衔和切实钻研。领衔,不能只是获取研究经费,而是将经费确实用于研发和培养人才。非传统涉海刊物的加入,表明国人对海洋的关注正在升温。海洋微生物学的研究由过去只是涉海单位/人员的“专利”/专项而改变为非涉海单位/人员的关注,且关注程度有增无减,说明部分人士海洋意识不仅在增强,而且可能根深蒂固,人们渴望认识海洋、开发/利用海洋生物资源的热情正在加强。

3 相关图书

就相关海洋微生物学的图书而言,2012 年度仅搜索到 7 部。它们分别是孙修勤主编的《牙鲆淋巴囊肿病与基因工程疫苗》,尹衍升等主编的《海洋材料的微生物附着腐蚀》及黄宗国等主编多年的系列图书《中国海洋物种多样性》及《中国海洋生物图集》(有微生物的部分,但尚未涉及病毒与古菌),喻子牛等主编的《中国微生物基因组研究》,侯保荣等主编的《海洋钢筋混凝土腐蚀与修复补强技术》,2012 年 3 月出版的《Marine Microbiology Ecology and Application》。2013 年仅发现陈皓文、孙丕喜、战润合

编的《海洋极地空气微生物学研究》。

4 结束语

从参加研究的相关学者的数量、研究水平和研究成果看,2012~2013年我国海洋微生物学的研究力量都有很大幅度的增加,有些研究水平已跻身世界水平。但当前我国关于海洋微生物学研究的整体质量还有待提高,要多关注外界动态,要加强薄弱环节,比如深海、空、地微生物学及微生物在生态系统中的作用和地位等研究。

参考文献:

- [1] 王健鑫,刘雪珠,陶诗. 海洋酸化对异养细菌生态效应的研究进展[J]. 海洋科学,2013,37(11):103-108.
- [2] 常显波,刘文正,尹骑,等. 海洋放线菌不同分离方法的比较研究[J]. 海洋科学,2012,36(8):35-39.
- [3] 李元跃,王雷,陈融斌,等. SELEX 筛选嗜水气单胞菌 (*Aeromonas hydrophila*) 适体方法的建立[J]. 海洋与湖沼,2012,43(2):318-322.
- [4] 夏耘,郁二蒙,谢俊,等. 基于 PCR、DGGE 技术分析生物絮团的细菌群落结构[J]. 水产学报,2012,36(10):1563-1571.
- [5] 张国刚,任毅鹏,马成全,等. 天津海底淤泥微生物 DNA 的提取方法研究[J]. 安徽农业科学,2012,40(24):11932-11933.
- [6] 温卫卫,周小芬,王世珍,等. 基于氧化还原酶活性时变研究巴利阿里假单胞菌中心碳代谢[J]. 厦门大学学报,2013,52(1):145-148.
- [7] 段翠兰,李洪波,邹勇,等. 江苏沿岸海域浮游病毒的时空分布[J]. 水生生物学报,2012,36(5):971-977.
- [8] 崔志松,臧家业,韦钦胜,等. 乳山湾外海溶氧低值区细菌多样性初步研究[J]. 海洋科学进展,2012,30(3):369-379.
- [9] 李鹤宾,洪璇,黄秀梅. 近海温泉中嗜热菌 *Geobacillus* sp. ZH1 锰超氧化物歧化酶的克隆与表达[J]. 台湾海峡,2012,31(3):375-379.
- [10] 齐相薇,张湘宁,黄培春. 海洋生物活性药物对细胞周期与凋亡的调控在抗肿瘤中的作用[J]. 中国医学生物技术,2012,7(2):210-213.
- [11] 饶冉. 极端环境微生物的适应机理及应用[J]. 安徽农业科学,2012,40(27):13512-13515.
- [12] 马聪,陈昌国,将学兵,等. 中国海域海洋细菌公布特征分析[J]. 解放军医学杂志,2012,37(9):898-900.
- [13] 谢树成,杨欢,罗根明,等. 地质微生物功能群:生命与环境相互作用的重要突破口[J]. 科学通报,2012,57(1):3-22.
- [14] 葛亮,房耀雄,吴文惠,等. 海洋细菌 LP21 右旋糖苷酶分批发酵动力学研究[J]. 海洋科学,2012,36(7):39-43.
- [15] 龙聪,刘小宇,卢小玲,等. 海洋亚硫酸杆菌 M44 的代谢产品研究[J]. 中国抗生素杂志,2012,21(4):254-257.
- [16] 潘晓磊,房承红,从茜,等. 海口地区产脂肪酶菌株的分离与 16S2RNA 序列分析[J]. 热带生物学报,2012,3(1):28-31.
- [17] 房伟,方泽民,常飞,等. 重组海洋细菌漆本科, Lac15 脱色人工合成纺织染料的潜力[J]. 生物工程学报,2012,28(8):973-980.
- [18] 暴增海,王淑芳,马桂珍,等. 抗弧菌海洋细菌, BN-1 菌株的几种胞外酶活性的测定[J]. 水产科学,2012,31(6):354-357.
- [19] 李鹤宾,刘光明,陈艳红,等. 重组锰超氧化物歧化酶工程菌摇瓶发酵条件的优化[J]. 集美大学学报,2012,17(1):26-32.
- [20] Mu chang kao, Liu Shuai, Song Weiwei, et al. Enhanced resistance of *Portunus trituberculatus*, to *Vibrio alginolyticus* by selective breeding Chin[J]. Oceanol Limnol, 2012, 30(4):638-643.
- [21] Cai Jinling, Wei ying, Zhao Yupeng, et al. Production of polyhydroxybutyrate by the marine photosynthetic bacterium *Rhodovulum sulfidophilum* p5 [J]. Chin Oceanol Limnol, 2012, 30(4):620-626.
- [22] 肖碧红,陈彬,雷晓凌,等. 海洋真菌 ZJ27 次级代谢产物的抑菌活性的研究[J]. 海洋科学,2012,36(3):95-99.
- [23] 郭书举,史大永,李富超,等. 深海芽孢杆菌 E401B03 次级代谢产物分离和结构鉴定[J]. 海洋科学,2012,36(6):28-30.
- [24] 李晓玲,游中元,徐俊,等. 红树林来源白解灰链霉菌中生物碱类次级代谢产物研究及核糖体工程优化[J]. 台湾海峡(应用海洋学报),2012,31(1):143-149.
- [25] 王帅,林学政,黄晓航,等. 印尼热泉中产嗜热碱性蛋白酶株筛选及酶学性质研究[J]. 海洋科学进展,2012,30(2):244-251.
- [26] Zhao Shujiang, Li Shuping. Screening of marine fungus from Nanji island and activity of their metabolites against *Vibrio* from *Pseudosciaena crocea* [J]. Chin Oceanol, Limnol, 2012, 3(5):746-756.
- [27] 梁妍. 海洋微生物中提取的多糖的应用功能研究[J]. 生物技术世界,2012(2):23-24.
- [28] 邱楚雯,刘梅,王宝杰,等. 中国明对虾血蓝蛋白 C 末端片段在毕赤酵母中的表达及其抗菌活性[J]. 海洋科学,2013,37(6):1-7.
- [29] 武鹏,赵大千,蔡欢欢,等. 3 种微生态制剂对水质及

- 刺参幼参生长的影响[J]. 大连海洋大学学报, 2013, 28(1):21-26.
- [30] 王中华,李太武,苏香榕,等. 原油降解中微生物群落的16srDNA-PCR-DGGE分析[J]. 海洋环境科学, 2012,31(1):48-52.
- [31] 李和阳,陈明霞,焦念志. 长江口典型站位浮游细菌类群的组成特征[J]. 海洋学报, 2012,34(1):183-188.
- [32] 燕红,钟方,高新亮,等. 耐盐碱菌株的分离筛选及生物学特性和盐碱去除效率的研究[J]. 生态学杂志, 2012,31(4):1000-1008.
- [33] 关晓燕,韩家波,王摆,等. 辽东湾大凌河口湿地土壤微生物群落分析[J]. 生物环境学报, 2012(6):1063-1070.
- [34] 卢婧雯,张心齐,杜丽丽,等. 中国东海及南海近海4采样点海水可培养细菌的多样性研究[J]. 浙江大学学报:理学版, 2012,39(4):443-449.
- [35] Ni Jiajia, Yu Yuhe, Zhang Tanglin, et al. Comparison of intestinal bacterial communities in grass carp, *Ctenopharyngodon idellus* from two different habitats[J]. Chin Oceanol Limnol, 2012,30(5):757-765.
- [36] 刘洪艳,王广策,朱大玲,等. 潮间带污泥中厌氧发酵产氢混合菌群组成与Fe氢酶基因多样性分析[J]. 海洋与湖沼, 2012,43(1):180-184.
- [37] 王涛,薛仁高娃,李铁刚,等. 黄河三角洲泥质沉积区表层沉积物古菌分布特征[J]. 海洋科学, 2012, 36(10):5-12.
- [38] 张霞,黄小平,施霞,等. 珠江口异养细菌中度与环境因子的耦合关系[J]. 海洋学报, 2012, 34(6):228-237.
- [39] 许可,陈金全. 九龙江海岸带沉积物甲烷相关古菌群落结构及多样性研究[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(26):12752-12753.
- [40] Du Ping, Liu Jingjing, Shen Lidong. Diversity of microorganisms in sediments of the Jiaojiang Estuary as estimated by Biolog and PCR-DGGE[J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2012(6):1436-1444.
- [41] 张蕊,陈一然,周克,等. 青岛潮间带趋磁细菌的垂直分布特征及与环境因子的关系[J]. 海洋科学, 2013, 37(10):23-31.
- [42] 张晓波,曾湘,董纯明,等. 南大西洋热液区盲虾虾鳃可培养附生菌多样性分析[J]. 应用海洋学报, 2013, 32(1):73-78.
- [43] 王淑芳,陈月,钱媛媛. 深海热液喷口金属硫化物中甲烷菌的多样性研究[J]. 海洋科学, 2012, 36(6):31-38.
- [44] 张芳,何剑锋,郭起颖,等. 夏季北冰洋楚科奇海微型、微型浮游植物和细菌的丰度分布特征及其与水团的关系[J]. 极地研究, 2012,24(3):238-246.
- [45] 李江,谭姣姣. 南极菌 *Pseudoalteromonas* sp. S-15-13 引导糖基转移酶基因表达对环境因子变化的响应[J]. 海洋学报, 2012(5):154-160.
- [46] Lin Ling, He Jianfeng, Zhao Yunlong, et al. Flow cytometry investigation of picoplankton across latitudes and along the circum [J]. Antarctic Ocean, Acta Oceanol Sin, 2012, 31(1):134-142.
- [47] 刘莹,张芳,凌云,等. 2010年夏季白令海浮游细菌的多样性和群落组成分析[J]. 极地研究, 2013, 25(2):113-123.
- [48] 梁碧怡,陆羽,王军,等. 广东沿海海洋重生树林环境放线菌分离及抗分枝杆菌活性评价[J]. 海洋通报, 2012,31(3):314-319.
- [49] 魏美燕,李尚德,袁宁宁. 一株红树内里真菌 *Nigropore* sp. 中次级代谢物及其细胞毒活性研究[J]. 中山大学学报, 2012,51(2):59-62.
- [50] 李玫,廖定文,陈玉军. 红树林湿地石油降解菌群的构建[J]. 生态科学, 2012,31(5):553-557.
- [51] 毛玉泽,颜婷茹,朱玲,等. 桑沟湾不同养殖区水体微生物群落结构特征[J]. 中国水产科学, 2013, 20(4):824-831.
- [52] 房沙沙,林壮炳,邱初邓. 粤东养殖区分离的2株海洋弧菌及其胞外产物对皱纹盘鲍致死毒性的初步分析[J]. 海洋科学, 2013, 37(8):16-22.
- [53] 姜会超,田黎,史振平,等. 胶州湾海域 PAHs 污染与可培养半知菌的多样性[J]. 海洋科学, 2013, 37(5):33-38.
- [54] 朱生凤,李红芳,宫小明,等. 一株源自海洋环境多环芳烃降解菌的筛选、鉴定及适宜降解条件研究[J]. 海洋环境科学, 2013, 32(1):53-62.
- [55] 孟欣欣,葛锋,曾英,等. 虎皮楠内生真菌 *Aspergillus* sp. DCS31 化学成分研究[J]. 天然产物研究与开发, 2013, 25:190-192.
- [56] 蔡海元. 基因转移因子——一类在海洋中广泛存在的介导水平基因转移的新型生物因子[J]. 微生物学报, 2012, 52(1):12-21.
- [57] 宫魁,王宝杰,刘梅,等. 乳酸菌及其代谢产物对刺参幼体肠道菌群和非特异性免疫的影响[J]. 海洋科学, 2013, 37(7):7-17.
- [58] 李战军,孟宪红,孔杰,等. 中国对虾对白斑综合征病毒的类免疫反应与验证[J]. 中国水产科学, 2012, 19(6):989-993.
- [59] 徐坤,王亮亮,张婷婷,等. 大眼狮鲈鱼皮肤肿瘤病毒(WDSV)逆转录病毒周期蛋白(OrfA)相互作用蛋白的酵母双杂交筛选[J]. 中国生物化学与分子生物学报, 2012, 28(3):267-275.
- [60] 明红霞,黄玉波,任莹利,等. 采用 ICC-QPCR 法分析渤海湾表层海水中的轮状病毒[J]. 海洋通报, 2012,

- 31(3):308-313.
- [61] 郭良栋. 中国微生物物种多样性研究进展[J]. 微生物多样性, 2012, 20(5):572-580.
- [62] 梅运军, 沈萍, 陈向东. 嗜盐古菌噬菌体研究进展[J]. 微生物学杂志, 2012, 32(2):83-88.
- [63] 张丽梅, 贺纪正. 一个新的古菌类群—奇古菌门 (Thaumarchaeota)[J]. 微生物学报, 2012, 52(4):411-421.
- [64] 陈健舜, 朱凝瑜, 郑天伦, 等. 10株副溶血弧菌多位点序列分型新序列型[J]. 水产科学, 2012, 31(9):540-543.
- [65] 徐芝亮, 吴灶和, 简纪常, 等. 哈维氏弧菌的分子遗传多样性研究[J]. 水产学报, 2012, 36(9):1450-1456.
- [66] 郭静, Liswaniso Gadafil, 郭安南, 等. 溶藻弧菌相关分离株的分子及 VITEK 的鉴定[J]. 水产学报, 2012, 36(3):383-390.
- [67] 赵旺, 姜敬哲, 王江勇, 等. 杂色鲍幼体附着基藻际细菌群落的 PCR-DGGE 分析[J]. 中国水产科学, 2013, 20(6):1225-1233.
- [68] 杨红玲, 马如龙, 孙云章. 石斑鱼肠道原籍嗜冷杆菌 (*Psychrobacter* sp.) SE6 作为益生菌的体内外评价[J]. 海洋学报, 2012, 34(2):129-135.
- [69] 李鹤宾, 席守民, 杨五彪, 等. 嗜热栖热菌重组锰超氧化物歧化酶的性质[J]. 台湾海峡, 2012, 31(1):53-57.
- [70] 倪健斌, 张朝霞, 柯才焕, 等. 北部湾夏冬两季异养细菌的水平分布特征及影响因子[J]. 厦门大学学报, 2012, 51(3):434-440.
- [71] 李军, 朱清华, 张云等. 深海放线菌 *Mariactinospora thermotolerans* SCSIO 00652 遗传操作系统的建立[J]. 中国抗生素杂志, 2012, 37(2):105-111.
- [72] 陈路, 吉力, 赵薇, 等. 海洋放线菌 NRPS 基因的筛选[J]. 海峡药业, 2012, 24(9):240-243.
- [73] 周永强, 李登峰, 彭姣, 等. 养殖三疣梭子蟹体内哈维氏弧菌的分离与致病性鉴定应用[J]. 海洋学学报, 2013, 32(2):215-221.
- [74] 夏立群, 王蓓, 夏洪丽, 等. 鱼诺卡氏菌培养条件及培养基的优化[J]. 南方水产科学, 2013, 9(3):51-56.
- [75] 郑粉娟, 邵长伦, 王开玲, 等. 一株软珊瑚共附生真菌 *Aspergillus versicolor* (IJ-2008015) 的次级代谢产物及其生物活性研究[J]. 中国海洋药物, 2012, 31(3):7-13.
- [76] 赵瑞, 麦进军, 彭海燕, 等. 海洋青霉属真菌菌株 XGH2321 抑菌活性代谢产物的分离与鉴定[J]. 中国抗生素杂志, 2012, 37(4):261-264.
- [77] 金春英. 南美白对虾弧菌病原的分离和鉴定[J]. 海洋环境科学, 2013, 32(5):647-651.
- [78] 粟雄高, 李小勤, 冷向军, 等. 酵母培养物和芽孢杆菌对凡纳滨对虾生长蛋白酶活性和免疫性能的影响[J]. 海洋渔业, 2012, 34(2):168-176.
- [79] 马占军, 蔡冠亮, 杨加俊, 等. 一株高效产油脂真菌的选育及其油脂成分分析[J]. 厦门大学学报, 2012, 51(6):1079-1084.
- [80] 邱楚雯, 刘梅, 王宝杰, 等. 中国明对虾血蓝蛋白 C 末端片段在毕赤酵母中的表达及其抗菌活性[J]. 海洋科学, 2013, 37(6):1-7.
- [81] 赵勇, 王敬敬, 唐晓阳, 等. 水产品种食源性致病微生物风险评估研究现状[J]. 上海海洋大学学报, 2012, 21(5):899-905.
- [82] 刘坚红, 董钧, 黄艳华, 等. 2009~2011年广西水产养殖病原菌耐药性试验[J]. 齐鲁渔业, 2012, 29(7):24-27.
- [83] 赵倩, 陈玉春, 赵凤梅, 等. 益生菌固定化的研究及对氨氮、亚硝氮的降解作用[J]. 齐鲁渔业, 2012, 29(11):15-17.
- [84] 汤学敏, 郑江, 郝聚敏, 等. 现代微生物识别技术在水产养殖环境研究中的应用[J]. 微生物学通报, 2012, 39(6):835-842.
- [85] 徐加涛, 阎斌伦, 张晓君, 等. 一株病原发光杆菌的分离鉴定[J]. 水产学报, 2012, 36(9):1457-1464.
- [86] 周武旋, 赵江萍, 粟赵妍. 菌藻体系去除水产养殖废水中氮和磷的净化实验[J]. 广西科学, 2012, 39(2):155-159.
- [87] 彭飞, 王传喜, 江宏磊, 等. 海洋链孢囊菌 FIM09-1157 产生的神经氨酸酶抑制剂[J]. 天然产物研究与开发, 2013, 25:193-196.
- [88] 郭健, 周奕婷. 南美白对虾白斑病防治技术措施[J]. 渔业致富指南, 2013, 6:61-63.
- [89] 张衡, 谷力, 杨丰. 对虾白斑综合症病毒 VP15 基因的 RNA 干扰研究[J]. 台湾海峡(应用海洋学报), 2012, 31(1):47-52.
- [90] 李新苍, 周俊芳, 房文红, 等. 用 WSSV 定量方法的建立及其应用于脊尾白虾病毒感染规律的研究[J]. 水产学报, 2012, 36(10):1554-1562.
- [91] 宫魁, 王雷, 付亚萍, 等. 对虾抗菌肽转基因水稻抑制饲料腐败和防治罗非鱼细菌病害的初步研究[J]. 水产学报, 2012, 36(3):436-443.
- [92] 陈健舜, 朱凝瑜, 孔蕾, 等. 凡纳滨对虾细菌性红体病病原的分子特征与耐药性[J]. 水产学报, 2012, 36(12):1891-1900.
- [93] 马桂珍, 付泓润, 王淑芳, 等. 海洋多粘类芽孢杆菌 L1-9 菌株发酵液抗菌谱及稳定性测定[J]. 海洋通报, 2013, 32(3):316-320.
- [94] 滕炜鸣, 李文姬, 张明, 等. 虾蛄扇贝脓疮病病原的分离鉴定与致病性[J]. 水产学报, 2012, 36(6):937-943.

- [95] 王东,孙力军,王雅玲,等. 纳豆菌抗菌肽 APNT-6 对凡纳滨对虾的低温保鲜效果[J]. 水产学报,2012,36(7):1133-1139.
- [96] 吴寅嵩,李赞,王娜,等. 应用 DGGE 技术研究扇贝养殖海域微型真核浮游生物多样性[J]. 水产学报,2012,36(1):140-147.
- [97] 刘亚男,王伟,李丹,等. 12 种海洋真菌发酵液粗多糖抗流感病毒(H1N1)活性研究[J]. 中国海洋物,2013,32(1):23-29.
- [98] 闫法军,田相利,董双林,等. 刺参池塘化低盐有机污染物降解菌的分离筛选及其降解特性[J]. 中国水产科学,2012,19(4):626-634.
- [99] 孙艺华,冯鸽,王超,等. 红树林放线菌多样性及新型糖苷类化合物合成潜力发掘[J]. 中国海洋药物,2013,32(1):46-54.
- [100] 周金敏,吴志新,曾全兵,等. 黄颡鱼肠道病原拮抗性芽孢杆菌的筛选与特性研究[J]. 水生生物学报,2012,36(1):78-84.
- [101] 李宁求,余霞军,付小哲,等. 鳗源迟缓爱德华氏菌菌种的构建及制备条件优化[J]. 水产学报,2012,36(11):1754-1762.
- [102] 郭松林,关瑞章,冯建军,等. 基于 16SrDNA 序列和 RFLP 分析的病鳗分离菌株鉴定[J]. 集美大学学报,2012,17(2):81-88.
- [103] 丁爽,郑平,张萌,等. 厌氧氨氧化菌群体感应系统研究[J]. 生态学报,2012,32(8):2581-2587.
- [104] 罗霞,邓国成,廖国礼,等. 斑鳢内脏白点病病原的分离鉴定[J]. 大连海洋大学学报,2012,27(2):95-100.
- [105] 安树伟,袁思平,王国良. 患诺卡氏菌病的大黄鱼几种主要组织的酶活力变化分析[J]. 渔业科学进展,2012,33(2):43-55.
- [106] 苑宁,曾名湧,高风正,等. 白鲟鱼皮中制备流感病毒神经氨酸酶抑制活性肽[J]. 中国海洋药物,2012,31(4):1-7.
- [107] 黄惠琴,聂娟,朱军,等. 裂殖壶菌 SL1101 的分离及其产 DHA 发酵工艺的优化[J]. 中国海洋药物,2013,32(5):63-68.
- [108] 鄂恒超,汤华,刘宝姝,等. 仿刺参共附生放线菌 *Kytococcus* sp. 中的环二肽成分[J]. 中国海洋药物,2013,32(2):31-36.
- [109] 刘一萌,马家海,文茜. 壇柴菜赤腐病与拟油壶菌病并发病的初步研究[J]. 大连海洋大学学报,2012,27(6):546-550.
- [110] 张艳,李秋芬,孙雪梅,等. 浒苔腐烂过程中水体细菌群落结构变化的 PCR-DGGE 分析[J]. 中国水产科学,2012,19(5):872-880.
- [111] 党法斌,王伟,陈庚超,等. 几种海藻多酯对鱼类致病细菌的抑菌性研究[J]. 水产科学,2012,31(8):499-501.
- [112] 刘彬,段继周,侯保荣. 天然海水中微生物膜对 316 不锈钢腐蚀行为研究[J]. 中国腐蚀与防护学报,2012,32(6):48-53.
- [113] 李霞,陈海燕,李欢园,等. 厌氧微生物对紫铜腐蚀行为的影响[J]. 腐蚀与防护,2012,33(9):257-260.
- [114] Wei Manman,Zhang Rubing,Wang Yuguang, et al. Microbial community structure and diversity in deep-sea hydrothermal vent sediments along the Eastern Lau Spreading Centre [J]. Acta Oceanol. Sin,2013,32(2):42-51.
- [115] Sun Yumiao,Li Fuhua,Chi Yanhong, et al. I Enhanced resistance of marine shrimp *Exopalamon carinicauda* Holthuis to WSSV by injecting live VP28-recombinant bacteria[J]. Acta Oceanol Sin,2013,32(2):52-58.
- [116] Liu lupeng ,Wang fengping,Xu jun, et al. Molecular diversity of thermococcales isolated from *Guaymas Basin hydrothermal vents* [J]. Acta Oceanol Sin,2013,32:75-81.
- [117] Qin Yingxue,Yan Qingpi,Su Yongquan, et al. Disruption of chemotaxis-related genes affects multiple cellular processes and the virulence of pathogenic *Vibrio harveyi* [J]. Acta Oceanol Sin,2013,32(8):55-60.
- [118] Zhao Li,Zhao Yuan,Zhang Wuchang , et al. Pico-plankton distribution in different water masses of the East China Sea in autumn and winter [J]. Acta Oceanol Sin,2013(2):247-266.
- [119] Zheng Minggang,Liang Kepeng,Wang Bo, et al. Li-isolation and characterization of an enoyl-acyl carrier protein reductase gene from microalga *Isochrysis galbana*[J]. Acta Oceanol Sin,2013,31(2):398-406.

(责任编辑:尹 闯)