

doi: 10.3969/j.issn.2095-0780.2011.01.013

· 综述 ·

2005 ~ 2009 年凡纳滨对虾白斑综合征和 桃拉综合征的流行情况分析

冯东岳¹, 钱冬²

(1. 全国水产技术推广总站, 北京 100125; 2. 浙江淡水水产研究所, 浙江 湖州 313001)

摘要: 文章概述了中国 2005 ~ 2009 年凡纳滨对虾 (*Penaeus vannamei*) 白斑综合征 (WSD) 和桃拉综合征 (TS) 的发病特点及流行情况, 分析了 2 种病毒病发生的原因, 并提出了防治措施。分析表明, 凡纳滨对虾感染白斑综合征病毒 (WSSV) 和桃粒综合征病毒 (TSV) 后, TS 的发病率为 9.22% ~ 12.39%, 死亡率 12.74% ~ 24.74%; WSD 的发病率为 4.50% ~ 9.12%, 死亡率 10.62% ~ 18.95%。TSD 的发病率高于 WSD, 死亡率除 2007 年外也高于 WSD。

关键词: 凡纳滨对虾; 白斑综合征; 桃拉综合征; 流行情况

中图分类号: S 917.1

文献标志码: A

文章编号: 2095-0780-(2011)01-0078-06

Prevalence study on *Penaeus vannamei* infected with WSD and TS during 2005 ~ 2009

FENG Dongyue¹, QIAN Dong²

(1. National Fisheries Technical Extension Center, Beijing 100125, China;

2. Zhejiang Institute of Freshwater Fisheries, Huzhou 313001, China)

Abstract: We summarized the characteristics and prevalence of *Penaeus vannamei* infected with white spot disease (WSD) and Taura syndrome (TS) during 2005 ~ 2009 to study the causes and prevention of the diseases. Results show that the incidence rate of TS and WSD is 9.22% ~ 12.39% and 4.50% ~ 9.12%, respectively; the mortality of TS and WSD is 12.74% ~ 24.74% and 10.62% ~ 18.95%, respectively. The incidence rate of TS is higher than that of WSSV, and the mortality of TSV is also higher than that of WSD except for 2007.

Key words: *Penaeus vannamei*; white spot disease; Taura syndrome; prevalence

凡纳滨对虾 (*Penaeus vannamei*) 原产于中、南美洲, 也称南美白对虾, 具有对盐度适应性广、发病少、生长迅速等优点, 适合于海水和淡水地区养殖, 与中国对虾 (*P. chinensis*) 和斑节对虾 (*P. monodon*) 被称为世界三大优良虾种。中国于 1987 年引进, 1994 年后在福建、江苏、山东和广西等地开展养殖试验。近十年来在沿海地区广泛推广, 发展迅速, 已经成为主要的水产养殖品种, 在增加渔民收入和增加农产品出口创汇能力方面做出了重要贡献,

经济和社会效益显著^[1-3]。根据“2009 年中国渔业统计年鉴”的数据, 本年度虾类总产量为 218.28×10^4 t, 其中凡纳滨对虾产量为 111.81×10^4 t, 约占虾类总产量的 51.22%。

随着凡纳滨对虾集约化养殖程度的提高, 养殖生产中的病害也日益严重。例如, 沿海对虾养殖区一些病毒病呈现出暴发流行趋势, 虾池大面积绝产, 损失十分严重^[4-5]。针对这些问题, 农业部 2001 年下发了“关于全面开展水产

收稿日期: 2010-08-18; 修回日期: 2010-09-27

资助项目: 农业部病虫害控制项目 (20092130108)

作者简介: 冯东岳 (1976-), 男, 工程师, 硕士, 从事水生动物防疫检疫与防控技术研究。E-mail: fengdy76@sina.com

养殖病害测报工作的通知”,要求各地对当地水产养殖品种的疾病进行监测,以预防病害的发生。在近几年的工作基础上,笔者对2005~2009年间沿海地区凡纳滨对虾白斑综合征(white spot disease, WSD)和桃拉综合征(Taura syndrome, TS)的监测数据进行整理,分析其流行特点,并提出了防治建议与措施,以期对凡纳滨对虾的疾病防治提供参考。

1 基本情况

根据近几年《中国水产养殖病害监测报告》的结果分析,凡纳滨对虾常见疾病为WSD和TS、红体病、红腿病、黑鳃病和固着类纤毛虫病等。在中国,每年因病害造成凡纳滨对虾直接经济损失均在29亿元以上,占全部水产养殖品种病害总损失的24%~47%(表1)。其中,以病毒病(WSD和TS)造成的危害最为严重,其主要特点是范围广、病程短、损失大。从1995年开始,国际动物卫生组织(OIE)、联合国粮农组织(FAO)和亚太地区水产养殖发展网络中心(NACA)将这2种病毒病列为需要报告的水生动物疫病。由此可见,这2种病毒病已经是全世界养虾业者共同应对的难题^[7-8]。

2 流行情况

2.1 病症发展

这2种病毒病的共同特点是具有暴发流行趋势,表现

为病程短、死亡率高。发病后3~10d大部分对虾死亡,部分虾池的死亡率可达到100%^[6],对某些养殖地区造成毁灭性的打击。而且,随着病原的变异,养殖容量增大以及养殖环境不断恶化,对其防控的难度也逐渐增大^[9-10]。

WSD的病原为白斑综合征病毒(white spot syndrome virus, WSSV),主要症状是病虾体色轻度变红或暗红,发病初期可在头胸甲见到针尖样大小的白色斑点,但数量不多,在肠胃内充满食物,头胸甲不易剥离^[11-12]。发病严重时,虾体较软,白色斑点扩大甚至连接成片,肠胃空,头胸甲容易剥离^[13-14]。病虾停止摄食,漫游于水面或伏在池边,很快死亡。

TS的病原为桃拉综合征病毒(Taura syndrome virus, TSV),按照发病的程度可分为急性期、过渡期和慢性期^[15]。急性感染期的病虾体表出现大量红色色素体,全身呈暗淡的红色,尾扇和游泳足鲜红色。过渡期的病虾体表出现不规则的沉着性黑色病灶,虾壳变软及虾红素减少。在蜕皮后,病虾从过渡期发展到慢性期,此时的病毒可继续感染淋巴器官,病虾成为终生带毒者^[16-17]。

2.2 地区和时间分布

目前,中国养殖凡纳滨对虾的病毒病主要发生地区见表2,北起辽宁,南至海南,几乎涉及全国养虾的主产区,但造成的危害程度差异较大。凡是虾池密集地区,万亩成片,产量高的地区发病早,来势凶猛^[18]。如广东、广西、海南等省(区)均属这一类型。这些地区的养殖特点是每

表1 2005~2009年凡纳滨对虾病害直接经济损失及比例

Tab. 1 Direct economic loss of diseased *P. vannamei* and proportion during 2005~2009

年份 year	凡纳滨对虾经济损失/10 ⁸ 元 economic loss of <i>P. vannamei</i> (100 million Yuan)	全年总损失/10 ⁸ 元 total loss (100 million Yuan)	比例/% proportion
2005	51.63	110.00	46.94
2006	29.54	115.08	25.67
2007	36.77	108.98	33.74
2008	30.62	123.77	24.74
2009	41.42	128.87	32.14

注:表中数据来源为2005~2009年“中国水产养殖病害监测报告”,后表同此。

Note: The data in the table come from “Aquaculture disease monitoring reports of China” from 2005~2009. The same case in the following table.

表2 凡纳滨对虾的WSD和TS发生的地区和时间分布

Tab. 2 Distribution of area and time of *P. vannamei* infected with WSD and TS

省份 province	月份 month	省份 province	月份 month	省份 province	月份 month
辽宁	7~8	天津	6~9	河北	6~8
山东	5~9	江苏	5~10	上海	5~10
浙江	4~10	福建	4~10	广东	4~10
广西	4~10	海南	4~10		

公里海岸线所承载的养殖面积大,多数在千亩以上,或几千亩甚至上万亩共用进排水渠道,形成一池发病、临池遭殃的局面,几乎无一幸免^[19-20]。而一些虾池分布稀疏、历年产量低、效益差的地区发病明显轻或基本没发病,如山东的滨洲地区和胶州地区^[14]。

根据近年《中国水产养殖病害监测报告》的数据,凡纳滨对虾病毒病的暴发时间基本可以划分为南方和北方2个区域。北方发病较晚,时间段较短,主要集中在6~9月;而南方地区发病较早,时间段较长,主要集中在4~10月。

2.3 流行情况

根据2005~2009年《中国水产养殖病害监测报告》的相关数据,凡纳滨对虾感染WSD和TS后的发病率和死亡率情况如下。

关于发病、发病率、死亡率的定义和计算方法:发病是指某一养殖种类群体中有一定数量个体具有明显症状的称之为发病;发病率:发病面积/放养面积×100%;死亡率:死亡尾数/放养尾数×100%;

1) 感染WSD和TS的发病率比较。2005~2009年凡纳滨对虾由于TS引起的发病率要高于WSD,基本在8.00%以上,2008年达到12.39%;而WSD各年的发病率为4.50%~9.12%,2007~2009年的发病率基本维持在4.50%偏上,没有较大的波动(图1)。

2) 感染WSD和TS的死亡率比较。2005~2009年间,由于TS和WSD引起凡纳滨对虾的死亡率均超过了10.00%(图2)。其中,TS引起的死亡率除2007年低于WSD外,其他年份均高于TS,2008年达到24.74%;而WSD的最高死亡率出现在2008年(18.95%)。

总体上凡纳滨对虾感染这2种病毒病后,由TS引起的发病率要高于WSD,而死亡率除2007年外,其他年份均高于WSD。因此,对虾感染TS后将更难控制。

3 病因分析

3.1 自然因素和人为因素对对虾养殖环境的破坏

据调查,凡纳滨对虾对天气的变化非常敏感,天气的变化会影响其活动和摄食^[21]。近年来,沿海地区夏季台风、暴雨等自然灾害逐渐增多。当冷暖空气交汇时,造成气温变动较大,无风、闷热,致使养殖环境发生剧烈变化,池塘理化因子出现异常,光照、水温、盐度、pH和溶解氧等变化大^[22],藻类生长不稳定,水色变化快,养殖生态平衡受到破坏,超越了凡纳滨对虾所能忍受的临界限度。在此条件下,凡纳滨对虾出现应激反应,体质减弱,容易诱发大规模病害的暴发^[23]。叶键等^[19]通过对杭州地区各个养殖场的调查发现,上一年发生过WSD的池塘,下一年的流行情况比较严重,结合放养前虾苗的检测结果为阴性,并与其他未发病池塘的苗种来源为同一批次,因此认为病原

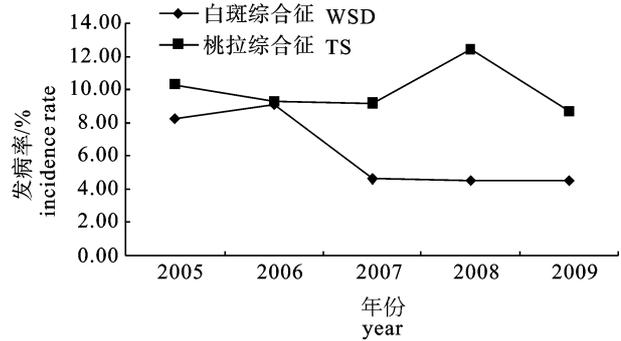


图1 凡纳滨对虾感染WSD和TS的发病率
Fig. 1 Incidence rate of *P. vannamei* infected with WSD and TS

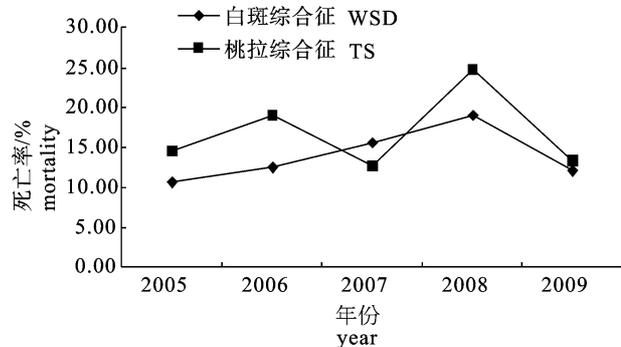


图2 凡纳滨对虾感染WSD和TS的死亡率

Fig. 2 Mortality of *P. vannamei* infected with WSD and TS

存在养殖池塘中。所以,气候的变化与养殖环境的改变对凡纳滨对虾病毒病的传播提供了一定的辅助条件^[24]。

3.2 种苗质量下降

2002年以前,中国养殖的凡纳滨对虾生长很快,养殖90d左右,规格可达70~80尾·kg⁻¹。但随着养殖时间的推移,生长越来越慢,出现了养殖时间长、成本高、效益低的怪现象^[25]。分析其原因主要是未选育好亲虾,虾苗场多、苗价下降且效益低;种苗生产技术不规范,有不少虾苗场仅选用个体较大的商品虾做为亲虾,日龄不够,养成密度大;亲虾营养不足,造成后代个体发育不良,生长缓慢,自身免疫力低,发生病害频率高,养成风险大。

3.3 养成规范化操作有待提高

目前,许多养虾者未经培训,无证上岗。养殖操作过程非科学和规范化。这主要包括:1) 放苗季节提早,水温未达到稳定在18℃以上就放苗,结果是易感染病原,虾苗阶段就全军覆没。2) 不注意投喂虾苗初期饲料,许多养虾者放虾苗后10d左右不投饲料或少投饲料,虾苗体质弱,对环境抗逆力差,容易感染疾病而死亡。3) 在养成中不注意观测水质指标,不能及时进行调节使其适应对虾生长需要,常常虾苗入池不久就染病^[26]。4) 急功近利,采取增

加放苗密度来取得高产。5) 排灌水未控制好, 交叉污染严重, 造成一池受灾, 连片受害的结果。

4 防治措施与建议

目前, 国内外学者从病理、分子、蛋白质及免疫等方面对虾病进行了深入的研究。其中中草药防治和口服免疫防治等方法的研究虽有成效^[27-28], 但可能存在破坏或干扰了水体原有微生物区系的生态平衡、药物残留影响产品质量和生产成本过高等问题, 在实际生产中未能大范围地推广应用。综合考虑各种因素, 从保护生态环境, 实现水产养殖业可持续发展的角度出发, 可采取以下措施控制疾病的发生。

4.1 改变养殖容量和养殖模式

目前凡纳滨对虾的养殖密度越来越大, 产量越来越高, 除了风险增大外, 虾的价格也一路走低, 完全背离了价值规律, 影响了整个产业的健康发展。面对虾病暴发的严峻态势, 不得不审视其养殖容量问题, 包括池塘的养殖容量、区域的养殖容量以及中国虾产业的养殖量等。轮养、混养以及休养是控制疾病的一种简单有效手段^[29-30], 利用虾、鱼、贝、藻对空间水质的不同要求及虾、鱼、贝的不同食性开展虾池立体综合养殖, 以改善虾池生态环境, 预防虾病。建议: 1) 改单一养虾模式为虾蟹、虾鱼、虾藻混养, 使虾池中存余的有机物和过量浮游植物得以充分利用, 同时也改善养殖池和养殖区的环境, 净化养殖用水和底质。轮养和休养可使有些病原体失去原来的宿主, 从而减轻疾病的威胁。2) 增加淡水养殖模式, 利用凡纳滨对虾等的广盐性特点, 在养殖过程中逐渐添加淡水, 降低水体盐度。WSSV在低盐度条件下易失去活性, 因此, 低盐度水体有一定的防病毒作用^[27]。

4.2 研发养殖环境可控技术

凡纳滨对虾感染病毒之后, 只有在适当的条件下才会发病。但何时发病并出现死亡, 还取决于其他影响因素。从养殖环境角度来说, 主要影响的理化因子包括温度、盐度、溶解氧和pH等, 上述因子都对虾类的抗病力产生一定影响。王柱等^[9]把凡纳滨对虾放入含有WSSV的环境中养殖, 对不同温度和pH下凡纳滨对虾发病、死亡的时间做了研究。结果表明, 在一定范围内, 温度的升高可以加速凡纳滨对虾致病。而pH在7.8~8.2时可以延缓或减轻凡纳滨对虾WSD的发作。陆家昌等^[29]研究了不同浓度的枯草芽孢杆菌(*Bacillus subtilis*)对养殖环境水质和凡纳滨对虾幼体抗病力相关酶活性的影响, 结果表明一定浓度的枯草芽孢杆菌能改善凡纳滨对虾幼体的养殖水质, 进而提高凡纳滨对虾幼体的抗病力。因此, 可以研究一些新型的、对养殖环境可调控的实用技术, 尝试一些物理、化学以及生物的方法来防控病害的发生。

4.3 推广快速检测技术

自1993年暴发中国对虾WSD以来, 该病就一直影响着对虾养殖业的发展。目前, 国内外多家科研机构都在积极研发对虾WSD等病毒病的快速检测试剂盒^[15,31-32]。该方法操作过程简单, 养殖户经过简单的培训, 就可以在塘边对病原进行快速诊断, 1h内判定有无病毒感染, 真正实现池塘边检测, 从源头上控制疾病的暴发, 将经济损失降低至最低。

4.4 推广底层增氧技术

叶键等^[19]对杭州地区凡纳滨对虾WSD的控制措施进行了研究, 从试验的情况来看, 在苗种来源、饲料来源、日常管理都相同的条件下, 对照组均发生不同程度的病害, 而该模式中养殖的对虾却生长良好, 整个养殖周期中均未发生病害。虽然造成试验组虾不发病的原因还有待于进一步研究, 但也从一定程度上反映了底增氧系统对于抵抗WSD的作用。所以加装了底增氧设备的养殖模式, 尤其虾蟹混养结合底增氧的模式, 是一种很好的模式。根据有关资料证实, 目前底层增氧技术模式已在江苏和浙江等地推广使用。笔者认为通过底层增氧设备, 可有效增加池塘底部的溶氧水平, 进而促进池底有毒有害物质的氧化分解, 改善底部环境, 为凡纳滨对虾提供了一个良好的底部生长环境。另外, 底质改良的同时也促成了池塘水质的改善。

参考文献:

- [1] 艾红, 黄巧珠, 徐泽智, 等. 世界对虾生产及其贸易特征分析[J]. 南方水产, 2008, 4(6): 113-119.
AI Hong, HUANG Qiaozhu, XU Zezhi, et al. World production and trade characteristics of shrimp [J]. South China Fish Sci, 2008, 4(6): 113-119. (in Chinese)
- [2] 艾红, 黄巧珠, 徐泽智, 等. 我国对虾产品贸易结构与出口竞争力分析[J]. 广东农业科学, 2008(11): 127-131.
AI Hong, HUANG Qiaozhu, XU Zezhi, et al. Analysis on export structure and competitiveness for shrimp products in China [J]. Guangdong Agric Sci, 2008(11): 127-131. (in Chinese)
- [3] 张成. 2003年全国渔业经济形势分析[J]. 中国渔业经济, 2004(1): 12.
ZHANG Cheng. Analyses on fisheries economical situation in 2003 [J]. Chinese Fish Econ, 2004(1): 12. (in Chinese)
- [4] 赖晓芳, 孔杰, 王清印, 等. 中国对虾抗WSSV相关基因表达特征的DDRT-PCR分析[J]. 中国水产科学, 2010, 17(3): 193-200.
LAI Xiaofang, KONG Jie, WANG Qingyin, et al. Analysis of molecular basis related to WSSV-resistance in *Fenneropenaeus chinensis* by mRNA differential Display PCR [J]. J Fish Sci China, 2010, 17(3): 193-200. (in Chinese)
- [5] NUNAN L M, POULOS B T, LIGHTNER D V. The detection of white spot syndrome virus (WSSV) and yellow head virus (YHV)

- in imported commodity shrimp [J]. *Aquac*, 1998, 160 (1/2): 19-30.
- [6] 李健, 高天翔, 柳广东, 等. 中国对虾人工选育群体的同工酶分析 [J]. *海洋水产研究*, 2003, 24 (2): 1-8.
LI Jian, GAO Tianxiang, LIU Guangdong, et al. Isozyme analysis in cultured populations of *Fenneropenaeus chinensis* [J]. *Mar Fish Res*, 2003, 24 (2): 1-8. (in Chinese)
- [7] DONG S R, KONG J, MENG X H, et al. Microsatellite DNA markers associated with resistance to WSSV in *Penaeus (Fenneropenaeus) chinensis* [J]. *Aquac*, 2008, 282 (1/4): 138-141.
- [8] HOSSAIN M S, CHAKRABORTY A, JOSEPH B, et al. Detection of new hosts for white spot syndrome virus of shrimp using nested polymerase chain reaction [J]. *Aquac*, 2001, 198 (1): 1-11.
- [9] 王柱, 曹新志. 水温与 pH 值对南美白对虾白斑病发病的影响 [J]. *水产养殖*, 2008 (2): 5-7.
WANG Zhu, CAO Xinzhi. Studies on relations between the water environmental factors and diseases of shrimp [J]. *J Aquac*, 2008 (2): 5-7. (in Chinese)
- [10] 黄捷, 宋晓玲, 于佳, 等. 杆状病毒性的皮下及造血组织坏死——对虾暴发性流行病的病原和病理学 [J]. *海洋水产研究*, 1995, 16 (1): 1-10.
HUANG Jie, SONG Xiaoling, YU Jia, et al. Baculoviral hypodermal and hematopoietic necrosis: study on the pathogen and pathology of the explosive epidemic disease of shrimp [J]. *Mar Fish Res*, 1995, 16 (1): 1-10. (in Chinese)
- [11] 杨先乐, 郑宗林. 南美白对虾病害流行的新动向及其思考 [J]. *淡水渔业*, 2005, 35 (3): 3-6.
YANG Xianle, ZHENG Zonglin. New trend and contemplation on diseases epidemic of *Penaeus vannamei* [J]. *Freshwater Fish*, 2005, 35 (3): 3-6. (in Chinese)
- [12] 刘萍, 孔杰, 孟宪红, 等. 白斑综合征病毒 (WSSV) 在对虾养殖过程中传播途径的调查 [J]. *海洋水产研究*, 2000, 21 (3): 9-12.
LIU Ping, KONG Jie, MENG Xianhong, et al. Investigation of the transmission route during the artificial culture of shrimp with the white spot syndrome virus [J]. *Mar Fish Res*, 2000, 21 (3): 9-12. (in Chinese)
- [13] 何建国, 周化民, 姚伯, 等. 白斑综合征杆状病毒的感染途径和宿主种类 [J]. *中山大学学报: 自然科学版*, 1999, 38 (2): 65-69.
HE Jianguo, ZHOU Huamin, YAO Bo, et al. Transmission route and host range of white spot syndrome baculovirus (WSBV) [J]. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni*, 1999, 38 (2): 65-69. (in Chinese)
- [14] 蔡生力, 黄捷, 王崇明, 等. 1993-1994 对虾暴发病的流行病学研究 [J]. *水产学报*, 1995, 19 (2): 112-119.
CAI Shengli, HUANG Jie, WANG Chongming, et al. Epidemiological studies on the explosive epidemic disease of prawn in 1993-1994 [J]. *J Fish China*, 1995, 19 (2): 112-119. (in Chinese)
- [15] 王建平. 水产病害测报与防治 [M]. 北京: 海洋出版社, 2008, 47-52.
WANG Jianping. Forecasting and controlling the disease in aquaculture [M]. Beijing: China Ocean Press, 2008: 47-52. (in Chinese)
- [16] 周兴华, 向泉, 陈健. 南美白对虾养殖中存在的问题及发展对策 [J]. *广东饲料*, 2002, 11 (3): 11-12.
ZHOU Xinghua, XIANG Xiao, CHEN Jian. Problems in the cultivation of *Penaeus vannamei* and the countermeasures for its future development [J]. *Guangdong Feed*, 2002, 11 (3): 11-12. (in Chinese)
- [17] 邢华. 2002 年南美白对虾“毁灭性红体症状病”的诱因及控制措施初探 [J]. *中国水产*, 2002 (12): 89.
XING Hua. Study on inducement and control measure of red body disease for *Litopenaeus vannamei* [J]. *China Fish*, 2002 (12): 89. (in Chinese)
- [18] 余根鼎, 江敏, 邢斌, 等. 凡纳滨对虾养殖塘主要有机污染指标相关性分析 [J]. *淡水渔业*, 2010, 40 (2): 67-70.
YU Gending, JIANG Min, XING Bin, et al. Relevance analysis of organic pollutants parameters in ponds of *Litopenaeus vannamei* culturing [J]. *Freshwater Fish*, 2010, 40 (2): 67-70. (in Chinese)
- [19] 叶键, 章秋虎, 陈明君, 等. 浅析南美白对虾白斑综合征发病原因及防控对策 [J]. *科学养鱼*, 2009 (6): 48-50.
YE Jian, ZHANG Qiuhu, CHEN Mingjun, et al. Study on inducement and control measure of WSD of *Litopenaeus vannamei* [J]. *Sci Fish Farming*, 2009 (6): 48-50. (in Chinese)
- [20] 斯烈钢, 王建平, 吴雄飞. SPF 南美白对虾种质和苗种特性调查 [J]. *科学养鱼*, 2007 (11): 5-6.
SI Liegang, WANG Jianping, WU Xiongfei. Investigation on characteristics of seed of SPF *Litopenaeus vannamei* [J]. *Sci Fish Farming*, 2007 (11): 5-6. (in Chinese)
- [21] ARGUE B J, ARCE S M, LOTZ J M, et al. Selective breeding of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) for growth and resistance to Taura syndrome virus [J]. *Aquac*, 2002, 204 (3/4): 447-460.
- [22] 姚雪梅, 黄勃, 张继涛, 等. SPF 凡纳滨对虾 F1、F2 及杂交代生长和存活比较研究 [J]. *中国水产科学*, 2007, 14 (2): 326-330.
YAO Xuemei, HUANG Bo, ZHANG Jitao, et al. Comparison of growth and survival rate of F1, F2 and hybrid generation from SPF *Litopenaeus vannamei* [J]. *J Fish Sci China*, 2007, 14 (2): 326-330. (in Chinese)
- [23] 闫冬春. 防治对虾白斑综合征病毒 (WSSV) 的主要措施 [J]. *水产科学*, 2006, 25 (4): 202-204.
YAN Dongchun. A review: prevention and cure of shrimp white spot syndrome virus [J]. *Fish Sci*, 2006, 25 (4): 202-204. (in Chinese)

- [24] WANG Y G, SHARIFF M, SUDHA P M, et al. Managing white spot disease in shrimp [J]. INFOFISH International, 1998 (3): 30-36.
- [25] 张庆文, 刘萍, 王伟继, 等. 中国对虾抗病群体选育的初步研究 [J]. 海洋水产研究, 2002, 23 (2): 53-57.
ZHANG Qingwen, LIU Ping, WANG Weiji, et al. A preliminary study on genetic selection for disease resistant strain in *Fenneropenaeus chinensis* culture [J]. Mar Fish Res, 2002, 23 (2): 53-57. (in Chinese)
- [26] 彭建华, 陈文祥, 何力. 淡水养殖水源管理及调控技术 [J]. 淡水渔业, 2004, 34 (4): 58-60.
PENG Jianhua, CHEN Wenxiang, HE Li, et al. Water resource management and scientific utilization in freshwater culture pond [J]. Freshwater Fish, 2004, 34 (4): 58-60. (in Chinese)
- [27] 何建国, 莫福. 对虾白斑综合征控制与广东省对虾养殖业持续发展 [J]. 中国水产, 1998 (11): 34-37.
HE Jianguo, MO Fu. Control of WSD of *Litopenaeus vannamei* and continuous development of shrimp culture in Guangdong province [J]. China Fish, 1998 (11): 34-37. (in Chinese)
- [28] CHENG S Y, CHEN J C. The time-course changes of nitrogenous excretion in the kuruma shrimp *Penaeus japonicus* following nitrite exposure [J]. Aquat Toxicol, 2001, 51 (4): 443-454.
- [29] 陆家昌, 李活, 黄翔鹤. 枯草芽孢杆菌对水质及凡纳滨对虾幼体免疫指标影响的研究 [J]. 南方水产, 2010, 6 (1): 19-24.
LU Jiachang, LI Huo, HUANG Xianghu. Effects of *Bacillus subtilis* on water quality and immunization indicators of larval *Penaeus vannamei* [J]. South China Fish Sci, 2010, 6 (1): 19-24. (in Chinese)
- [30] 林黑着, 李卓佳, 郭志勋, 等. 益生菌对凡纳滨对虾生长和全虾营养组成的影响 [J]. 南方水产, 2008, 4 (6): 95-101.
LIN Heizhao, LI Zhuojia, GUO Zhixun, et al. Effects of dietary probiotics on growth and biochemical composition of whole body of juvenile shrimp, *Litopenaeus vannamei* [J]. South China Fish Sci, 2008, 4 (6): 95-101. (in Chinese)
- [31] LIGHTNER D V. The Penaeid shrimp viruses TSV, IHNV, WSSV, and YHV: current status in the Americas, available diagnostic methods, and management strategies [J]. J Appl Aquac, 1999, 9 (2): 27-52.
- [32] YAN D C, DONG S L, HUANG J, et al. White spot syndrome virus (WSSV) detected by PCR in rotifers and rotifer resting eggs from shrimp pond sediments [J]. Dis Aquat Org, 2004, 59 (1): 69-73.