

工厂化育苗养殖体系内细菌数量动态变化研究

马妍², 李健*, 王斌, 王群, 刘淇 (1. 大连水产学院生命科学与技术学院, 辽宁大连 116023; 2. 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 农业部海洋渔业资源可持续利用重点开放实验室, 山东青岛 266071)

摘要 [目的] 探寻工厂化育苗中细菌的动态变化规律, 为对虾健康养殖提供科学依据。[方法] 对中国对虾育苗期养殖体系中的异养菌、弧菌、致病性副溶血弧菌进行监测。[结果] 异养菌、弧菌和致病性副溶血弧菌数量都是对虾受精卵中高, 无节幼体中最低, 而后逐渐升高。在整个育苗期, 对虾幼体中异养菌和养殖水体中弧菌增加1个数量级, 对虾幼体中弧菌和养殖水体中异养菌均增加2个数量级。活饵中异养菌和弧菌数量很大, 致病性副溶血弧菌量很低。养殖体系中幼体与水体中的异养菌和弧菌的相关系数分别为0.704和0.840; 活饵中异养菌、弧菌与对虾幼体和养殖水体相关性很低或呈负相关。[结论] 育苗期养殖水体与对虾幼体中细菌数量变化具有动态联系, 严格控制养殖条件副溶血弧菌很难引起幼体疾病爆发, 饵料中细菌数量与养殖系统中细菌数量无明显相关性。

关键词 中国对虾幼体; 异养菌; 弧菌; 副溶血弧菌; 动态变化

中图分类号 S963.21⁺¹ 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2008)18-07703-03

Study on the Quantity Dynamic Changes of Heterobacteria and Vibrios in Larvae Industrialized Culture System

MA Yan et al (College of Life Sciences and Technology, Dalian Fisheries University, Dalian, Liaoning 116023)

Abstract [Objective] The dynamic change of heterobacteria and vibrios in larvae industrialized culture system was studied to provide scientific reference for healthy cultivation of shrimp. [Method] The heterobacteria, vibrios and pathogenic *Vibrio parahaemolyticus* were monitored in larvae industrialized culture system. [Result] The heterobacteria, vibrios and pathogenic *Vibrio parahaemolyticus* were the most in fertilized eggs of shrimp but the least in nauplius, then their number would increase with growth. During whole rearing period, both heterobacteria in larvae, vibrios in water would increase by one order of magnitude, while both vibrios in larvae and heterobacteria in water would increase by two orders of magnitude. There were many heterobacteria and vibrios but few *Vibrio parahaemolyticus* in living bait. The correlation coefficients between larvae and heterobacteria and vibrios in water were 0.704 and 0.840 in culture system respectively, while the correlation among heterobacteria, vibrios in living bait and larvae, water were weak or negative. [Conclusion] There was a dynamic relation between water and larvae in rearing period, and restrictly control of culture condition would restrain the occurrence of disease caused by *Vibrio parahaemolyticus*, besides that bacteria number in bait was not obviously correlated with bacteria number in culture system.

Key words Chinese shrimp larvae; Heterotrophic bacteria; Vibrio; *Vibrio parahaemolyticus*; Dynamic change

中国对虾(*Penaeus chinense*)以其适应能力强、生长快、耐低温等特点而成为亚热带、温带沿海的优良养殖对象。在我国,由于没有彻底解决种苗的产业化培育,因而未能大规模推广养殖,育苗环节成为控制养殖规模的瓶颈问题。目前,国内外对其养殖系统中细菌的动态变化研究集中在养成期,而对工厂化育苗生产中细菌的动态变化研究鲜见报道。

异养细菌是养殖生态系统的营养源,能将各种类型的有机物质分解成无机物并从中获得养分和能量^[1]。弧菌是对虾肠道中的正常菌群,但也能引起很多对虾流行病。部分异养菌和弧菌会给对虾育苗生产带来极大危害^[2-4]。副溶血弧菌(*Vibrio parahaemolyticus*, V.P)为革兰氏阴性多形态杆菌或稍弯曲弧菌,广泛存在于养殖水域、底泥、沉积物中^[5],能引起牡蛎^[6-7]、对虾^[7]、蟹^[8]、大黄鱼^[9]等发病,是海水养殖的主要病原菌之一。由副溶血弧菌引起的疾病,因发病率高、流行范围广、危害严重,每年都给养殖者造成极大的经济损失。笔者以异养菌、弧菌、副溶血弧菌为监测对象,对中国对虾的工厂化育苗进行实时监测,探寻育苗过程中细菌的动态变化规律,为对虾健康养殖提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料 中国对虾幼体各期样品,分别于2007年4~5月采至山东潍坊昌邑海丰养殖场中国对虾育苗3号车间,养殖池面积38 m²,投喂饵料为配合饲料(思福德)、卤虫、轮虫。

1.2 方法

1.2.1 采样。在养殖池四角和靠光处5点取样,对虾幼体过300

目网筛后存放于灭菌封闭试管中,将各点的混合水样200 ml放于灭菌玻璃瓶中,加入终体积5%的甲醇固定后密封,快速运回实验室。

1.2.2 弧菌和异养菌检测。称取对虾幼体1.0 g,研磨后加入9.0 ml无菌海水,对应水样取1.0 ml加入9.0 ml无菌海水,制备成10⁻¹稀释样后倍比稀释。取适宜稀释度的菌液0.1 ml涂布平板,每个稀释度设3个重复。弧菌总数采用TCBS平板法30℃恒温培养18 h后计数,异养菌总数采用2216E平板法37℃恒温培养18 h后计数^[10]。

1.2.3 致病性副溶血弧菌检测。挑取检测弧菌总数的TCBS平板上各个单菌落,进行特异性引物的菌落PCR扩增,出现目的片段即为1个致病性副溶血弧菌,按稀释度换算出致病性副溶血弧菌的数量并计数。引物序列为: P1, 5-TTGAATGTCCTGGGTCA-3; P2, 5-CGTTAAAGAATGTCCTGT-3。PCR体系为:引物P1, P2各2 μl, 10 mmol/L dNTPs 2 μl, 2.5 M U Taq 酶1.5 μl, 5 mmol/L MgCl₂ 1.5 μl, 10×PCR buffer 2 μl, 加灭菌dH₂O补足至25 μl。PCR反应条件为:95℃变性5 min; 95℃ 30 min, 47℃ 30 s, 72℃ 1 min, 25个循环; 72℃延伸10 min; 4℃保存。

1.2.4 相关性分析。用SPSS软件对数据进行二元定距相关分析和偏相关分析。

2 结果与分析

2.1 育苗期养殖体系中细菌数量分布

2.1.1 育苗期养殖系统中细菌数量变化。由图1可知,各期幼体中的异养菌呈波浪状变化,异养菌数量在无节幼体期间最低(1.12×10⁴ cfu/g),受精卵期间最高(6.99×10⁵ cfu/g)。养殖水体中异养菌数量变化与幼体中趋势不同,呈现由高到低,再由低逐渐升高的趋势,且升高速率逐渐增大。育苗过程中,养殖水体内的异养菌数量,仔虾幼体阶段最高,无节幼体阶段最低,波动范围很大,平均在4.70×10³~1.17×10⁶ cfu/ml水平。

基金项目 国家高技术研究发展计划(863计划)(2006AA10A406); 国家科技支撑计划(2006BAD01A13); 公益性农业行业科研专项(nyhyzx07-042)。

作者简介 马妍(1982-),女,辽宁鞍山人,硕士研究生,研究方向:海洋致病微生物评估。* 通讯作者。

收稿日期 2008-04-07

由图2可知,对虾幼体中的弧菌数量变化呈凹字型,无节幼体弧菌数量最低 2.4×10^2 cfu/g,受精卵中弧菌数量最多 1.67×10^4 cfu/g,育苗后期随着幼体成长和摄食量增大,幼体内弧菌数量也缓慢增多。养殖水体中的弧菌数量呈不规则变化,可能是弧菌对药物敏感,所以药物泼洒及定期换水造成弧菌数量波动,

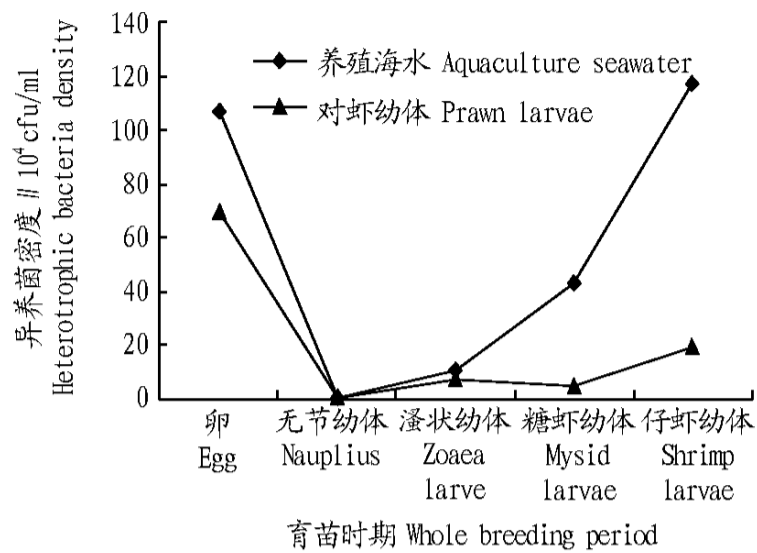


图1 育苗过程中异养菌和弧菌数量变化

Fig.1 Changes of heterotrophic bacteria and vibrio in breeding process

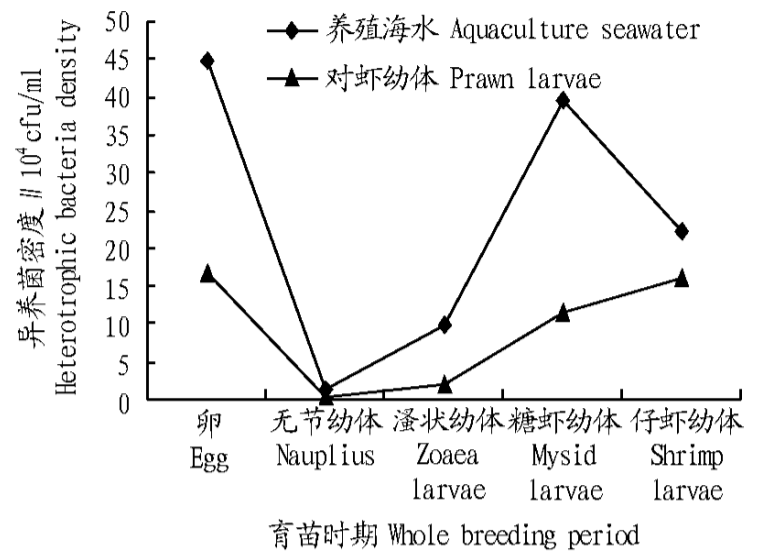
2.1.2 相关性分析。相关分析表明,对虾幼体与养殖水体中的异养菌相关性系数为0.704,与养殖水体中的弧菌数量的相关性系数为0.840。说明对虾幼体与其养殖水体中的异养菌和弧菌数量均有较高的线性相关性。

2.2 仔虾期饵料及养殖系统中的细菌数量分布

2.2.1 仔虾期饵料及养殖系统中的细菌数量变化。育苗前期,基本投喂优质配合饲料,掺杂少量活饵,配合饲料中基本不含细菌。到仔虾期开始投喂大量活饵,活饵中携带大量细菌,造成养殖水体与对虾幼体中细菌量增大。养殖体系及活饵中异养菌和弧菌的数量变化如图2。投喂的活饵为脱壳卤虫和轮虫幼体,其中异养菌数量很大,呈不规则变化,脱壳卤虫异养菌数量为 $6.13 \times 10^6 \sim 1.37 \times 10^7$ cfu/g,轮虫幼体异养菌数量为 $9.60 \times 10^6 \sim 2.76 \times 10^7$ cfu/g。养殖水体中异养菌数量不断增加,前期增加速率小,随着时间推移增长速率增大。仔虾幼体中异养菌数量的变化与水体中异养菌变化的趋势相同,但升高幅度小。脱壳卤虫中弧菌含量在 $9.3 \times 10^4 \sim 2.14 \times 10^5$ cfu/g,轮虫幼体中弧菌数量在 $7.2 \times 10^4 \sim 2.37 \times 10^5$

最高值出现在卵阶段(为 4.48×10^4 cfu/ml),无节幼体阶段水体中的弧菌数量最低(为 1.21×10^3 cfu/ml)。

整个育苗期间,在受精卵、蚤状幼体的养殖水体及仔虾幼体中均检测出致病性副溶血弧菌。养殖水体及幼体中副溶血弧菌的数量分别在 $27 \sim 1230$ cfu/ml和 $11 \sim 21$ cfu/g水平。



cfu/g,变化无规律性。

养殖水体中弧菌数量变化与异养菌不同,前期增长快,然后逐渐减小。仔虾幼体内的弧菌数量不断变大,由 1.43×10^3 cfu/g上升至 3.80×10^4 cfu/g。由于时间较短,天气温度明显变化,蓄水池的异养菌弧菌数量变化小可忽略不计。水体中异养菌数量变化大于仔虾幼体内的异养菌数量变化,而水体内的弧菌数量变化与仔虾幼体内弧菌数量变化相差不大。说明对虾幼体在仔虾期已经具有一定的免疫和防御机制,使得异养菌在仔虾幼体内的增加数量有限;而弧菌是对虾肠道的正常菌群之一,因此随对虾体幼体的成长数量还在逐步上升,故在对虾幼体内占异养菌的比例逐渐增大,由4.81%上升到7.86%。

对仔虾幼体阶段的养殖体系和活饵进行致病性副溶血弧菌检测发现,脱壳卤虫中致病性副溶血弧菌的数量较大(为 3.71×10^3 cfu/g),轮虫中致病性副溶血弧菌数量为 1.15×10^3 cfu/g,养殖水体中致病性副溶血弧菌数量在 $43 \sim 1230$ cfu/ml。

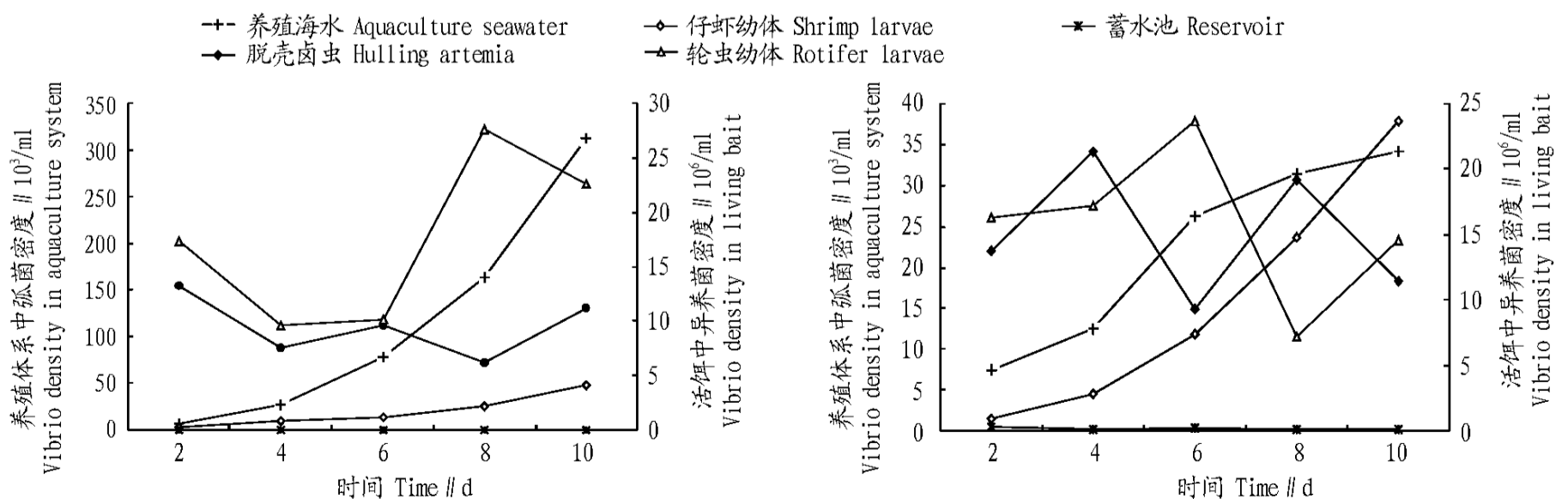


图2 仔虾幼体阶段养殖体系及活饵中异养菌及弧菌数量变化

Fig.2 Changes of heterotrophic bacteria and vibrio in culture system and living baits during postlarva period

2.2.2 相关性分析。仔虾幼体阶段,养殖体系与活饵间异养菌、弧菌的相关系数分别如表1、2。由表1、2可知,活饵中

的异养菌、弧菌数量与养殖水体和养殖幼体中的细菌数量基本无明显线性关系或呈负相关。这可能是由于轮虫幼体、脱

壳卤虫在投喂前要进行消毒,因各次消毒时间长短不同,造成活饵中细菌数量呈不规则变化。

表1 养殖体系与活饵间异养菌的相关系数

Table 1 Correlation coefficient between heterotrophic bacteria in aquaculture system and in living baits

	仔虾幼体 Post larva	养殖水体 Aquaculture water	脱壳卤虫 Hilling atenia	轮虫幼体 Rotifer larva
仔虾幼体 Post larva	1.000 0	0.837 4	0.508 8	0.751 8
养殖水体 Aquaculture water	0.837 4	1.000 0	- 0.596 4	- 0.583 0

表2 养殖体系与活饵间弧菌的相关系数

Table 2 Correlation coefficient between vibrio in aquaculture system and in living baits

	仔虾幼体 Post larva	养殖水体 Aquaculture water	脱壳卤虫 Hilling atenia	轮虫幼体 Rotifer larva
仔虾幼体 Post larva	1.000 0	0.848 7	- 0.353 1	- 0.429 2
养殖水体 Aquaculture water	0.848 7	1.000 0	0.007 0	0.146 4

3 讨论

3.1 育苗期细菌数量的动态分析 总体来说,育苗期养殖水体中弧菌比异养菌数量变化大。蚤状幼体刚开口不久,摄入饵料个体微小,其中掺杂很多微生物,在肠道和体液中富集,极易引起幼体发病甚至死亡;仔虾幼体阶段,因养殖过程的不断积累,水体和幼体中的细菌数量达到最大,容易引起幼体死亡,蚤状幼体和仔虾幼体阶段是整个育苗过程中幼体最易发病、死亡的阶段,控制好养殖体系中的细菌数量尤为重要。

副溶血弧菌具有细胞毒性和溶血活性^[11]。致病性副溶血弧菌能产生一种耐热直接溶血素(Thermostable Direct Hemolysin, TDH)使细胞溶解,但若用螯合剂EDTA处理,可阻断TDH引起的浓度增加,不产生溶血现象^[12]。乙烯乙二醇和葡聚糖能抑制副溶血弧菌的细胞毒性^[13],且葡聚糖能提高对虾的抗病能力^[14]。可见泼洒EDTA,同时在对虾幼体饲料中添加葡聚糖,就能在一定程度上抑制致病性副溶血弧菌对幼体的毒害。该试验发现,致病性副溶血弧菌在养殖水体、活饵甚至在对虾幼体中都能检测出,但数量少,不能达到致病条件。可见,工厂化对虾育苗中,把握好水质、严格控制活饵中致病性副溶血弧菌带入的数量和育苗温度,就能降低由副溶血弧菌引起的对虾幼体疾病暴发风险。

3.2 养殖系统中致病菌的入侵途径 养殖系统中致病菌的入侵途径主要有垂直途径和水平途径。垂直途径是指致病菌存在于亲虾体中,由亲虾传递给子代。李亚晨等取亲虾血淋巴及卵巢进行细菌培养,发现其中的某细菌与其各期死亡幼体及相应养殖水体中分离的致病菌相同,但沉淀池水样未检测出该菌,表明该菌源于垂直传播^[15]。该试验中发现,在受精卵中存在大量的异养细菌和弧菌,无节幼体阶段前期未开口外源微生物很难进入到幼体内,但可以检测到一定数量的异养细菌和弧菌,推测在亲虾、受精卵、幼体间细菌存在垂

直传播,这与李亚晨等研究结果相吻合。水平途径是指周围养殖环境中细菌,侵入对虾幼体中。在育苗过程中,幼体中异养菌、弧菌与养殖水体中的异养菌、弧菌存在着很高的相关性,表明对虾幼体内的细菌与养殖水体中的细菌相互关联,可能存在水平传播。这与钟硕良等^[16-18]研究结果一致。

轮虫和卤虫的幼体中含有丰富的不饱和脂肪酸,是对虾幼体成长和增强抗逆性不可缺少的生物性饵料^[19],但也携带大量的异养菌和弧菌进入对虾体内。对虾摄入的食物主要在中后肠被吸收^[20],外源摄入的细菌主要滞留在对虾幼体肠道中。据报道,某些消化酶活力在状幼体最高,糠虾幼体最低,然后从糠虾到仔虾缓慢上升^[21-23],这与该试验对虾幼体中弧菌数量的变化正好相反,而细菌总数无此变化,推测消化酶对弧菌有一定的抑制作用。此外,对虾幼体的配合饲料中添加的Vc等营养物质在一定程度上增加了对虾的抗菌能力和吞噬能力^[24],这对幼体内的细菌数量有一定的影响。对虾幼体中影响细菌数量变化的因素繁多,育苗养殖体系中各理化因子及生物因素间相互关系及相互作用机理还有待进一步研究。

参考文献

- [1] DAMD J, WMORIARTY. The role of microorganisms in aquaculture ponds[J]. *Aquaculture*, 1997, 151: 333-349.
- [2] 宋晓玲. 对虾暴发性流行病原对中国对虾幼体及仔虾的人工感染试验[J]. *海洋水产研究*, 1998, 19(1): 8-12.
- [3] 吴后波. 弧菌属细菌及其所致海水养殖动物疾病[J]. *中国水产研究*, 2001, 8(1): 89-92.
- [4] PIZZUTTO M, HRST R G. Classification of isolates of *Vibrio parahaemolyticus* virulent to *Penaeus* larvae by protein profile analysis and M3 DNA fingerprinting[J]. *Dis Aquat Org*, 1995(21): 61-68.
- [5] JIANG X P, CHAI T J. Survival of *Vibrio parahaemolyticus* at low temperatures under starvation conditions and Subsequent Resuscitation of Viable, Nonculturable Cells[J]. *Appl Environ Microbiol*, 1996, 62(4): 1300-1305.
- [6] SHTE G T. Isolation of an Enteropathogenic, Kanagawa positive Strain of *Vibrio Parahaemolyticus* from seafood implicated in Acute Gastroenteritis[J]. *Appl Environ Microbiol*, 1978, 35(6): 1226-1227.
- [7] 翟秀梅, 王斌. 副溶血弧菌对南美白对虾生理生化指标的影响[J]. *上海水产大学学报*, 2007, 16(2): 162-168.
- [8] KRANIZ G E, COLWELL R, LOVELACE E. *Vibrio parahaemolyticus* from the Blue Crab *Callinectes sapidus* in Chesapeake Bay[J]. *Science*, 1969, 164: 1286-1287.
- [9] 鄢庆彬, 苏永全, 王军, 等. 网箱养殖大黄鱼弧菌病研究[J]. *集美大学学报: 自然科学版*, 2001, (3): 191-196.
- [10] 国家海洋局. 海水增养殖区监测技术规范[G]. 北京: 国家海洋局, 2002.
- [11] 李志峰, 戴迎春. 副溶血弧菌的溶血毒素研究现状[J]. *解放军预防医学杂志*, 2003, 21(1): 73-75.
- [12] TAKAHASHI A, SATO Y, SHOMI Y, et al. Mechanisms of chloride secretion induced by thermostable direct haemolysin of *Vibrio parahaemolyticus* in human[J]. *J Med Microbiol*, 2000, 49(9): 801-807.
- [13] NAMR, INDA T, TAKAHASHI A, et al. Microarray cadaverine inhibits cytotoxicity of *Vibrio parahaemolyticus* thermostable direct haemolysin on cultured rat embryonic fibroblast cells[J]. *Fems Microbiol Lett*, 2001, 196(2): 99-114.
- [14] SONG Y L, LIU J J, CHANI C et al. Fish vaccinology[J]. *Dev Biol Stand*, 1997, 90: 413-419.
- [15] 李亚晨, 包永明, 宁安红, 等. 导致对虾幼体大量死亡病原及其传播途径的初步研究[J]. *水产科学*, 2003, 22(6): 38-40.
- [16] 钟硕良. 环境因子对发光细菌的生长及日本对虾仔虾感染死亡率的影响[J]. *中国水产研究*, 2001, 8(1): 41-45.
- [17] SONG Y L, LEE S P. Characterization of ecological implication of luminous *Vibrio* sp. isolated from tiger shrimp (*Penaeus monodon*) [J]. *Bull Inst Zool Acad Sin*, 1993, 32: 17-20.
- [18] SONG Y L, CHENG W, SHEN C H, et al. Occurrence of *Vibrio vulnificus* infection in cultured shrimp and eel in Taiwan[J]. *Nat Sci Councl Symp Ser (Taipei)*, 1990, 16: 172-179.

表2 各地鱼类感染复殖吸虫情况

Table 2 Digenetic trematodes infection of fish in sampling sites

地区	鱼类	感染强度	条尾	复殖吸虫种数
Area	Fish	Infection intensity	Number of	Digenetic trematodes
塘沽	21	6.06		32
秦皇岛	16	7.95		17
营口	6	9.27		11
龙口	7	7.18		11
黄骅	10	10.53		17
大连	5	5.22		9
烟台	6	6.78		9

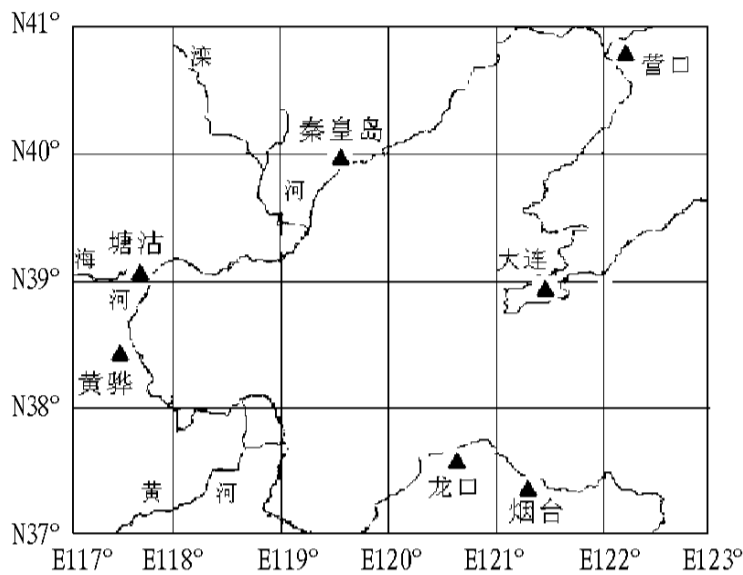


图1 渤海鱼类复殖吸虫采集样点

Fig. 1 Sampling sites of Digenetic trematodes in fish at Bohai Sea

3 讨论

渤海鱼类受复殖吸虫感染较为普遍,各种鱼类平均受感染率达6.67%,鱼类感染复殖吸虫的强度从内海的塘沽到外海的大连呈现下降的变化趋势。这与内外海的水环境特点差异相关。这在Gerard的研究中已经得到证实^[1]。一方面,渤海是一个半封闭型海域,塘沽、黄骅、秦皇岛等地位于最里面,相对于外海的大连与烟台,受到外来水团的影响较小,水体相对平静,鱼类被吸虫感染的机率增加^[2]。另一方面,内海的塘沽、黄骅、秦皇岛等地水环境的一个显著特点是河口众多,沿岸有海河、蓟运河、大口河、徒骇河、小清河、潍河、滦河等入海河口。河口无脊椎动物受吸虫感染^[3]。这是因为通过地表径流从内陆带来的水含有吸虫卵^[4],这些虫卵在河口发育,首先寄生于虾蟹等无脊椎动物^[5],然后通过捕食作用感染鱼类^[6]。由此可见,水环境的差异使得内海、外海的鱼类感染复殖吸虫的机率不同,内海鱼类受感染概率较外海大,感染强度也较高,外海则相反,由此造成渤海鱼类感染复殖吸虫从外海到内海呈现加重的趋势。其次,与各种鱼类的生态习性相关。相关研究表明,一些近岸、淡水水性的中下层鱼类受吸虫感染的概率较大,感染强度也较

大^[7-8]。调查发现,在受复殖吸虫感染的37种鱼类中,感染强度最高是小带鱼,感染强度高达54条/尾。这是因为小带鱼为暖水性中下层鱼类,常栖息于近岸浅海、咸淡水及河口附近,这种生态习性使其易受吸虫感染。黄姑鱼的高感染强度、高感染率也与近海暖水性底层鱼类相关。再次,与复殖吸虫的群落结构相关,主要表现为不同种类的鱼感染不同种类的复殖吸虫,如鲈鱼感染12种吸虫,而铅点东方鲀仅感染1种吸虫。造成这种差异的原因:一是不同种类的吸虫所要求的宿主不同^[9];二是吸虫在鱼体内存在种间竞争^[10],在一个共享有限资源的系统中,群落中某种寄生虫的数量会对其他寄生虫产生有益的或有害的影响^[11]。此外,还可能与运输活物导致的复殖吸虫扩散到水体中有关。粗厚鳗居线虫(*Anguillicola crassus*)和短钩伪指环虫(*Pseudodactylogyrus bini*)是分布在亚洲的2种寄生虫,主要通过活体鳗鲡的运输传到欧洲^[12],表明活体鱼类运输有助于传播寄生虫到其他地区。鱼类感染复殖吸虫是多种因素综合作用的结果。渤海鱼类感染复殖吸虫是否还有其他原因,仍有待进一步研究。

参考文献

- GERARD C. Consequences of a drought on freshwater gastropod and trematode communities[J]. *Hydrobiologia*, 2001, 459: 9-18.
- TOLLEY JORDAN L R, OWEN J M. Habitat influences snail community structure and trematode infection levels in a spring-fed river, Texas, USA[J]. *Hydrobiologia*, 2008, 600: 29-40.
- BASS C S, WEIS J S. Increased abundance of snails and trematode parasites of *Fundulus heteroclitus* (L.) in restored New Jersey wetlands[J]. *Wetlands Ecology and Management*, 2008, 16(3): 173-182.
- NGUYEN D T, ANDERS D, LY T T, et al. Survey for zoonotic liver and intestinal trematode metacercariae in cultured and wild fish in An Giang Province, Vietnam[J]. *Korean Journal of Parasitology*, 2007, 45: 45-54.
- LAFFERTY K D, DOBSON A P, KURIS A M. Parasites dominate food web links[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2006, 103: 11211-11216.
- NEIL J M, JOHN L. Pressure on a molluscan-trematode community over a long-term period in the Basingstoke Canal, UK, and its implications for ecosystem health[J]. *EcoHealth*, 2007, 3: 269-280.
- 曹华. 厦门港湾和闽南-台湾浅滩海域鱼类感染吸虫的调查研究[J]. *台湾海峡*, 1991, 10(2): 139-145.
- JOKELAJ J, LIVERY C M. Spatial variation in infection by digenetic trematodes in a population of freshwater snails (*Potamopecten antipodorum*) [J]. *Oecologia*, 1995, 103: 509-517.
- HEINGER R F, LAFFERTY K D. Host diversity begets parasite diversity: bird final hosts and trematodes in snail intermediate hosts[J]. *Proceedings of the Royal Society B*, 2005, 272: 1059-1066.
- NATHAN C N, MICHAEL A C, JANET E F, et al. Disease associated with integumentary and doocal parasites in tadpoles of northern red-legged frog *Rana aurora aurora* [J]. *Diseases of Aquatic Organisms*, 2007, 78: 61-71.
- LELLO J, BOAG B, FENTON A, et al. Competition and mutualism among the gut helminths of a mammalian host[J]. *Nature*, 2004, 428: 840-844.
- KRISTMUNDSSON á, HELGASON S. Parasite communities of eels *Anguilla anguilla* in freshwater and marine habitats in Iceland in comparison with other parasite communities of eels in Europe [J]. *Folia Parasitologica*, 2007, 54: 141-153.

(上接第7705页)

- 王春琳, 尹飞, 王武. 饵料卤虫的营养强化对黑斑口虾蛄幼体消化酶活力及其抗逆性的影响[J]. *水产学报*, 2007, 13(6): 779-784.
- 吴琴瑟. 虾蟹养殖高产技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 1991: 6-8.
- 迟淑艳, 杨奇慧, 周歧存, 等. 南美白对虾幼体和仔虾淀粉酶和脂肪酶

活力的研究[J]. *水产科学*, 2006, 24(4): 4-6.

- 潘鲁青, 王伟. 日本对虾幼体几种消化酶活力的研究[J]. *海洋湖沼通报*, 1997(2): 15-18.
- 刘玉梅, 朱谨钊. 对虾消化酶的研究[J]. *海洋科学*, 1984(5): 46-50.
- MEROHE G, LAVENS P, SORGELOOS P. Optimization of dietary vitamin C in fish and crustacean larvae: A review [J]. *Aquaculture*, 1997(155): 165-181.