

大连市长海县虾夷扇贝养殖海区浮游病毒的丰度

于佐安^{1,2}, 李文姬^{1,2*}, 张明^{1,2}, 李华琳^{1,2}, 刘项峰^{1,2}, 李大成^{1,2}

(1. 辽宁省海洋水产科学研究院, 辽宁省应用海洋生物技术开放实验室, 辽宁 大连 116023;

2. 辽宁省水产分子生物学重点实验室, 辽宁 大连 116023)

摘要: 2008年7月—2009年6月, 利用荧光显微技术(EFM), 对大连市长海县大长山岛和广鹿岛两个虾夷扇贝养殖海区的浮游病毒丰度进行调查, 研究了浮游病毒丰度在虾夷扇贝养殖海区内水平分布、垂直分布和季节变化特征。结果表明, 在水平分布上, 养殖筏区内站位(C1、G1、C2、G2、C3、G3)表层、10 m层和底层的浮游病毒丰度表现为近岸水域高于远岸水域($P < 0.05$); 在垂直分布上, 站位(C2、G2、C3、G3、C4、G4)浮游病毒丰度高于10 m水层和底层($P < 0.05$), 10 m和底层差别不大, 离岸最近站位(C1、G1)浮游病毒丰度没有垂直分布的变化。在季节变化上, 春夏两季的浮游病毒丰度高于秋冬的浮游病毒丰度, 而夏季的浮游病毒丰度最高。利用多元相关分析可知, 两个海岛的虾夷扇贝养殖海区浮游病毒丰度与叶绿素 a (Chl. a)呈显著正相关($P < 0.01$), 与水温呈正相关($P < 0.05$), 与盐度、溶氧浓度之间没有相关性($P > 0.05$)。

关键词: 虾夷扇贝; 浮游病毒; 荧光显微技术; 养殖海区

中图分类号: Q 938.1⁺5; S 917

文献标志码: A

研究表明, 浮游病毒是水体微生物群落丰度最高的活性成分, 浮游病毒(virioplankton)是漂浮于水体中的, 包括噬菌体、噬藻体和真核藻类病毒在内的各类病毒^[1], 比细菌丰度高5~25倍。由于它可通过裂解水生微生物群落的优势种群来调节水体中微生物的物种多样性、种群分布和群落结构; 影响碳和营养物质的流动, 进而影响生物地化循环和全球气候^[2-6], 因此浮游病毒是海域生态系统的重要组成部分。

自1990年起, 在国外利用荧光显微技术(epifluorescence microscopy, EFM)对浮游病毒的丰度做了大量的调查分析。HARA等^[7]首次利用EFM检测了日本大阪湾和Otsuchi Bay 2个湾海域中浮游病毒的丰度。1995年, HENNES等^[8]对墨西哥湾西部海湾水体中的病毒生物量进行了检测。随着时间发展, 国内学者对于浮游病毒的研究也逐渐开始增多。白晓歌等^[9]利用EFM对冬季和春季长江口及其近海水域的浮

游病毒丰度进行了分析, 梁彦韬等^[10]对青岛近海水域夏季和冬季浮游病毒丰度进行了调查研究。

大连市长海县位于辽东半岛东侧的黄海北部海域, 近几年, 该海域虾夷扇贝(*Patinopecten yessoensis*)增养殖面积逐渐扩大, 产量不断增加, 迅速发展成为我国虾夷扇贝增养殖的重要海域。然而随着养殖规模的不断扩大, 虾夷扇贝出现了大量死亡现象。因此, 对该海域生态系统进行研究, 找出虾夷扇贝大规模死亡的原因势在必行。而浮游病毒作为海洋生态系统的重要组成部分, 对海洋中的初级生产力和次级生产力有重要影响。本文对长海县虾夷扇贝养殖海区的浮游病毒丰度进行了调查, 旨在分析浮游病毒在该海域的分布特征及与环境因子的相关性, 为进一步了解养殖区生态系统和研究病害防控奠定基础。

收稿日期:2011-01-05 修回日期:2011-02-11

资助项目:国家海洋公益性行业科研专项(200805037); 辽宁省农业科技特派项目(2008203004); 现代农业产业技术体系建设专项(nycytx-47)

通讯作者:李文姬, E-mail: wenji1016@yaoo.com.cn

1 材料和方法

1.1 水样采集

2008年7—12月和2009年2—6月在长海县广鹿岛多落母养殖海区(122°24'32.6"~122°26'05.5"E, 39°11'38.7"~39°12'15.9"N)和大长山岛小圈养殖海区(122°32'55.50"~122°34'13.26"E, 39°15'10.74"N~39°15'34.02")进行水样采集。

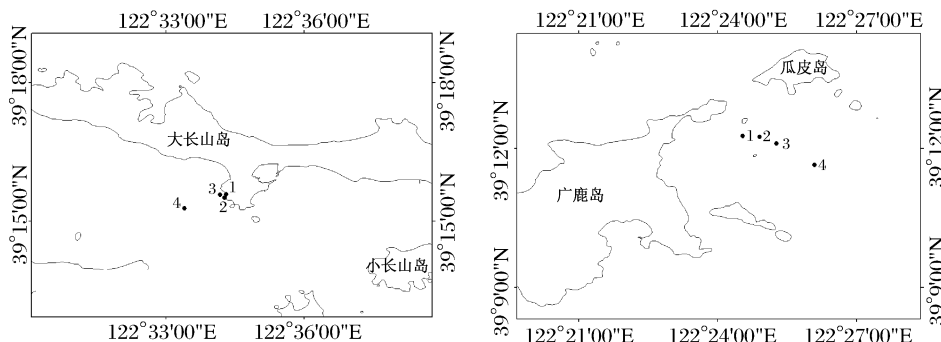


图1 广鹿岛和大长山岛海域浮游病毒取样站位图

Fig. 1 The virioplankton sampling stations in the sea area of the Guanglu Island and the Da Changshan Island

1.2 浮游病毒的计数

每个站位每层采集水样10 mL,采集后现场处理及保存方法均参照《海洋生物生态调查技术规程》^[11],浮游病毒检测参照NOBLE等^[12]的方法:使用孔径0.02 μm的氧化膜(Whatman)过滤样品,经SYBR Green I染料染色,使用荧光显微镜在蓝色激发光下进行病毒计数。在1 000倍镜下计数发亮绿色荧光病毒颗粒数,每个样品计数10~20个视野,每个视野计数不小于20个病毒颗粒。将视野病毒颗粒数量转换为每升实际病毒颗粒数(VLPs/L)。

1.3 环境理化参数的测定

各站位水温、盐度和溶氧数据由YSI多参数水质分析仪(556型)测得。叶绿素a测定方法参照《海洋生物生态调查技术规程》^[11]。

2 结果

2.1 浮游病毒丰度的水平分布

2008年7月—2009年6月广鹿岛和大长山岛G1和C1两个站位的浮游病毒直接检测量(virus direct count, VDC)的范围为 $3.4 \times 10^6 \sim 1.99 \times 10^7$ /mL,平均值为 5.42×10^6 /mL, $n=44$ 。

两个养殖区根据离岸远近各设4个站位(图1,图2),C4站和G4站为航道站。根据水深采集表层、10 m层和底层(海底以上2 m)水样。广鹿岛4个站位(G1、G2、G3、G4)水深<20 m,取表层和底层。大长山岛4个站位中C2、C3、C4站位,水深>20 m,取表层、10 m和底层,C1站位,水深<20 m,取表层和底层。每月采集水样1次。

G2和C2两个站位11个月的VDC范围为 $3.9 \times 10^6 \sim 1.62 \times 10^7$ /mL,平均值为 5.31×10^6 /mL, $n=55$ 。G3和C3两个站位11个月的VDC范围为 $4.0 \times 10^6 \sim 1.07 \times 10^7$ /mL,平均值为 4.71×10^6 /mL, $n=55$ 。G4和C4两个站位11个月的VDC范围为 $4.1 \times 10^6 \sim 1.19 \times 10^7$ /mL,平均值为 5.38×10^6 /mL, $n=55$ 。从单个月份看,有7个月份(4、5、6、7、8、9、10月)VDC的平均值表现为与离岸距离成反比($P < 0.05$),但航道站位(C4和G4)VDC在7、8、9月,3个月份比养殖筏区内站位高,平均VDC含量分别为 1.69×10^7 /mL、 1.51×10^7 /mL和 1.13×10^7 /mL。另外4个月份(2、3、11、12月)没有明显的水平分布规律,VDC含量普遍较低,变化范围在 $3.3 \times 10^6 \sim 5.0 \times 10^6$ /mL(表1)。

2.2 浮游病毒丰度的垂直分布

广鹿岛G1站位和大长山岛C1站位的表层平均VDC全年变化范围为 $3.8 \times 10^6 \sim 1.87 \times 10^7$ /mL,底层VDC全年变化范围为 $3.3 \times 10^6 \sim 1.84 \times 10^7$ /mL(表2)。利用独立样本的均值差异性检验得出,表层和底层病毒丰度无明显差异($P > 0.05$)。广鹿岛(G2、G3、G4)站位的表层平

均 VDC 全年变化范围为 $3.0 \times 10^6 \sim 1.74 \times 10^7$ /mL, 底层 VDC 全年变化范围为 $2.5 \times 10^6 \sim 1.59 \times 10^7$ /mL(表 3)。利用独立样本的均值差异性检验得出,表层浮游病毒丰度高于底层浮游病毒丰度($P < 0.05$)。大长山岛(C2、C3、C4)站位的表层平均 VDC 全年变化范围为 $4.4 \times 10^6 \sim 1.96 \times 10^7$ /mL;10 m 层平均 VDC 全年变化范围

为 $3.9 \times 10^6 \sim 1.8 \times 10^7$ /mL;底层的 VDC 全年变化范围为 $3.3 \times 10^6 \sim 1.81 \times 10^7$ /mL(表 4)。利用独立样本的均值差异性检验得出,表层浮游病毒丰度高于底层浮游病毒丰度($P < 0.05$)。10 m 层浮游病毒丰度与底层浮游病毒丰度差异不大($P > 0.05$)。

表 1 虾夷扇贝养殖区各站位 VDC 月平均值
Tab.1 Average VDC of each station in the sea of raft culture of *P. yessoensis* in the whole year

站位 station	日期 date										
	2008-07	2008-08	2008-09	2008-10	2008-11	2008-12	2009-02	2009-03	2009-04	2009-05	2009-06
C1,G1	179.47	161.22	132.77	80.67	48.35	37.24	33.71	50.66	100.05	142.03	172.39
C2,G2	152.77	143.45	129.68	74.08	39.46	39.24	41.00	41.97	85.84	127.14	153.23
C3,G3	107.38	115.56	90.31	50.29	40.33	42.25	44.86	45.78	64.40	80.41	105.33
C4,G4	169.41	151.54	113.86	83.21	43.21	41.24	44.64	45.73	62.26	74.92	107.14

表 2 两岛(G1、C1)站位平均 VDC 垂直分布
Tab.2 The vertical distribution of average VDC in the two islands(G1,C1 station)

水层 water layer	日期 date										
	2008-07	2008-08	2008-09	2008-10	2008-11	2008-12	2009-02	2009-03	2009-04	2009-05	2009-06
表层 surface layer	187.34	181.23	163.34	80.24	45.21	38.63	40.23	45.34	92.57	116.28	140.29
底层 bottom	184.34	187.53	166.77	70.39	50.35	40.39	33.25	40.58	98.54	106.45	142.12

表 3 广鹿岛(G2、G3、G4)站位平均 VDC 垂直分布
Tab.3 The vertical distribution of average VDC in the Guanglu Islnd(G2,G3,G4 station)

水层 water layer	日期 date										
	2008-07	2008-08	2008-09	2008-10	2008-11	2008-12	2009-02	2009-03	2009-04	2009-05	2009-06
表层 surface layer	174.23	170.49	159.41	90.32	42.89	30.35	41.34	44.59	90.22	109.48	140.25
底层 bottom	159.33	149.45	144.32	89.73	40.21	25.49	33.47	29.95	69.74	93.43	105.32

表 4 大长山岛(C2、C3、C4)站位平均 VDC 垂直分布
Tab.4 The vertical distribution of average VDC in the Da Changshan Island(C2,C3,C4 station)

水层 water layer	日期 date										
	2008-07	2008-08	2008-09	2008-10	2008-11	2008-12	2009-02	2009-03	2009-04	2009-05	2009-06
表层 surface layer	196.32	188.39	165.59	100.39	50.77	44.34	50.32	60.24	89.41	109.1	139.12
10 m 层 10 m layer	180.35	179.95	160.74	80.47	44.92	39.87	42.1	51.95	70.62	94.35	116.4
底层 bottom	181.24	180.73	148.41	72.41	50.31	33.42	46.33	44.24	72.23	89.95	120.43

2.3 浮游病毒丰度的季节分布

长海县广鹿岛和大长山岛虾夷扇贝养殖海

区,浮游病毒丰度呈现明显的季节性变化,春夏季高于秋冬季($P < 0.01$),最高值出现于大长山岛 7

月份 C1 站位的表层水样, VDC 为 $2.1 \times 10^7/\text{mL}$; 最低值出现于广鹿岛 12 月份 G3 站位底层水样, VDC 为 $2.3 \times 10^6/\text{mL}$ (图 2)。

2.4 浮游病毒丰度与叶绿素 a 及环境因子的相关性分析

利用 Pearson 相关分析方法分析 VDC 与叶绿素 a (*Chl. a*)、水温、盐度和溶氧浓度之间的相关性(表 5)。VDC 与 *Chl. a* 呈显著正相关($P < 0.01$, $r = 0.259$); 与水温呈正相关($P < 0.05$); 与盐度、溶氧浓度无明显相关性($P > 0.05$)。

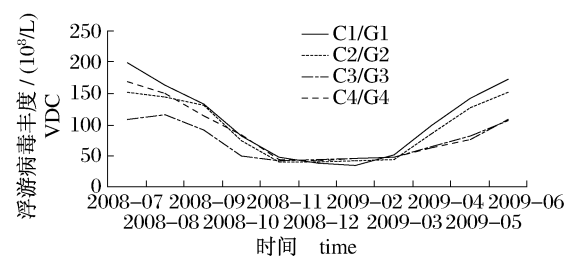


图 2 虾夷扇贝养殖区 VDC 季节变化
Fig. 2 Seasonal change of VDC in the sea of raft culture of *P. yessoensis*

表 5 VDC 与水体环境参数的相关系数

Tab. 5 Simple (Rs, Spearman rank) correlation coefficients between virus and environmental parameters for the entire date set ($n = 209$)

	叶绿素 a <i>Chl. a</i>	水温 temperature	盐度 salinity	溶氧浓度 DO
pearson 相关系数 correlation coefficient	0.259	0.139	-0.217	0.215
sig(双尾检验) two-tailed tes	0.009**	0.032*	0.128	0.064
样品总数 sum of sample	209	209	209	209

注: ** $P < 0.01$ 水平显著相关性(双尾 t 检验); * $P < 0.05$ 水平显著相关性(双尾 t 检验)。

Notes: ** Correlation is significant at the 0.01 level(2-tailed); * Correlation is significant at the 0.05 level(2-tailed).

3 讨论

浮游病毒在海洋中广泛分布, 含量及其丰富。主要种类包括大量的噬菌体^[13-14]、噬藻体和藻类病毒^[15-16]。近年来许多研究表明水体中的病毒丰度远远高于原先的估计。WEINBAUER 等^[17]对北大西洋进行检测, 结果病毒丰度为 $1.49 \times 10^9/\text{mL}$, 切斯贝 克 海 湾 为 $1.01 \times 10^7/\text{mL}$ 。PROCTOR 等^[18]对长岛海湾的研究结果表明: 浮游病毒丰度为 $1.5 \times 10^7/\text{mL}$ 。根据检测结果, 长海县广鹿岛和大长山岛虾夷扇贝养殖区的浮游病毒丰度最高为 $2.1 \times 10^7/\text{mL}$, 证明浮游病毒丰度在扇贝养殖水体中也较高, 可能对于养殖筏区内的初级生产力水平和整个生态环境有着重要的作用。

张奇亚等^[19]认为浮游病毒数量在某种程度上与水样离岸距离的远近有关。BOEHME 等^[16]指出海水中病毒空间分布呈现近岸密度高, 远岸密度低的特点, 沿岸水中的病毒丰度高于外海。张喆等^[20]对青岛近岸水体的浮游病毒丰度进行了调查, 发现夏、冬两季表层浮游病毒丰度总体呈现近岸高于远岸的趋势, 而底层则表现出, 远岸高于近岸的趋势。本文的调查结果表明, 4—10 月份, 浮游病毒丰度整体表现出近岸站位高于远岸

站位的趋势, 但在高温月份(7、8、9), 处于航道站位的两个点(G4、C4)的浮游病毒丰度要高于处于养殖筏区内的 4 个点(G2、G3、C2、C3)。在低温月份(2、3、11、12), 则没有明显的水平分布规律, 浮游病毒丰度普遍较低。分析原因可能为: 长海县虾夷扇贝养殖海区养殖密度过高, 且养殖品种非常单一。在高温月份, 由于风力较小和大量养殖浮筏阻挡的原因, 养殖海区内外水流交换非常少, 不能带来丰富的饵料, 而养殖筏区内过高的养殖密度很可能造成饵料相对缺乏。所以航道站的初级生产力要高于养殖筏区内, 浮游病毒的丰度也就要高于养殖筏区内的浮游病毒丰度。到了低温月份, 养殖户已经开始收获扇贝, 养殖密度变小, 风力也比高温季节要强, 水流交换多, 由于温度低饵料相对缺少, 浮游病毒丰度没有表现出明显的水平分布规律, 且整体水平较低。

由于养殖需要, 养殖筏区海水较浅, 所选站位点都位于近岸海区。最深处为大长山航道站位(C4), 海水深度 29.0 m。而 G1 和 C1 站位靠近岸边, 尤其是 C1 站, 水深仅为 10 m。由于海水较浅, 底层同样能受到日光照射, 初级生产力水平差异不大, 造成了 G1 和 C1 站位的浮游病毒丰度表层和底层没有明显差异。处于养殖筏区和航道站位内的其余 6 个站位, 海水深度相对较深, 由于

表层水体光线较好,藻类生长旺盛,并且虾夷扇贝浮筏养殖主要在海水 5 m 层,其排泄物同样能促进藻类和浮游细菌的生长,寄生在这些藻类和微生物中的病毒也随之大量复制并释放,表层水体中的浮游病毒丰度相应就高。春夏季节,水温逐渐升高,冬季积累的营养盐促进藻类生长旺盛,浮游细菌丰度可能也比较高。秋冬季节,水温逐渐降低,藻类和浮游细菌数量都比较少,因此浮游病毒丰度同样表现出明显的季节性分布规律。这与国内外许多报道也是一致的。梁彦韬等^[10]报道的青岛近海水域夏季 VDC 显著高于冬季。而在美国佛罗里达的 Tampa 海湾,通常在冬季病毒丰度约为 $10^6/\text{mL}$,其量也低于夏末。BERGH 等^[2]、JIANG 等^[21]也报道了其研究水域浮游病毒丰度有明显的季节变化。

虾夷扇贝养殖海区内浮游病毒丰度与温度呈正相关性,主要可能是由于浮游病毒的宿主丰度变化与温度密切相关。而由于广鹿岛和大长山岛为岛屿,受陆地影响较小,整个海区的盐度相对平稳,变化不大,与浮游病毒的丰度没有相关性。BOEHME 等^[16]指出病毒的丰度与海水中叶绿素 a 的含量及细菌的数量有很好的相关性。MARANGER 等^[22]检测发现加拿大魁北克省的 22 个湖体浮游病毒丰度与相应的叶绿素 a 含量成明显的正相关性。但白晓歌等^[9]对冬季和春季长江口及其近海海域进行浮游病毒丰度调查时发现,冬季浮游病毒丰度与叶绿素 a 含量成正相关性,而春季则呈负相关性。可以看出,由于浮游病毒的主要种类包括噬菌体和藻类病毒,因此 VDC 与叶绿素 a 可能具有一定相关性。但由于不同水域生态环境的不同,正负相关性也有所差别。长海县两个岛屿的虾夷扇贝养殖海区的浮游病毒丰度与叶绿素 a 含量呈正相关,没有表现出季节性的差别。由于养殖区内主要养殖品种为虾夷扇贝,扇贝大量排泄物造成了养殖海区的营养水平较高,所以藻类对病毒有重要贡献,因此会影响病毒丰度变化,因此与叶绿素 a 正相关。需要指出的是,浮游病毒丰度和叶绿素不是简单的线性对应关系,由于岛屿近岸养殖海区生态系统非常复杂,养殖区内的浮游藻类数量受多种因素的影响,作为海区内最主要养殖品种的虾夷扇贝会摄食浮游藻类,对叶绿素 a 的影响更是不能忽略。

总之,不同水域生态系统,浮游病毒丰度与环

境因子之间有无相关性或者呈现正相关还是负相关是不一样的。长海县虾夷扇贝养殖海区同样具有其独特性:一是属于海岛周边海域,受陆地影响小,海区水流运动比较复杂。二是虾夷扇贝养殖海区,品种相对单一,养殖密度大,因此浮游藻类和浮游细菌的种群变化与虾夷扇贝数量密切相关。研究养殖海区内浮游病毒和其宿主之间的关系,更需要搞清浮游藻类、浮游细菌和虾夷扇贝之间的种群动态变化,以及由于水流运动而带来的浮游藻类和浮游细菌的数量变化。

参考文献:

- [1] WOMMACK K E, RAVEL J, HILL R T, *et al.* Population dynamics of Chesapeake bay viroplankton: total-community analysis by pulsed-field gel electrophoresis [J]. *Applied and Environmental Microbiology*, 1999, 65(1): 231-240.
- [2] BERGH O, BORSHEIM K Y, BRATBAK G, *et al.* High abundance of viruses found in aquatic environments [J]. *Nature*, 1989, 340: 467-468.
- [3] PROCTOR L M, FUHRMAN J A. Viral mortality of marine bacteria and cyanobacteria [J]. *Nature*, 1990, 343: 60-62.
- [4] FUHRMAN J A, NOBLE R T. Viruses and protists cause similar bacterial mortality in coastal seawater [J]. *Limnology and Oceanography*, 1995, 40(7): 1236-1242.
- [5] BRATBAK G, HELDAL M. Viruses rule the waves—the smallest and most abundance members of marine ecosystems [J]. *Microbiology Today*, 2000, 27: 171-173.
- [6] BETTAREL Y, SIME-NGANDO T, AMBLARD C, *et al.* Viral activity in two contrasting lake ecosystems [J]. *Applied Environmental Microbiology*, 2004, 70: 2941-2951.
- [7] HARA S, TERAUCHI K, KLIKE I. Abundance of viruses in marine waters: Assessment by epifluorescence and transmission electron microscopy [J]. *Applied Environmental Microbiology*, 1991, 57: 2731-2734.
- [8] HENNES K P, SUTTLE C A. Direct counts of viruses in natural waters and laboratory cultures by epifluorescence microscopy [J]. *Limnology and Oceanography*, 1995, 40: 1050-1055.
- [9] 白晓歌, 汪岷, 马晶晶, 等. 冬季和春季长江口及其近海水域浮游病毒丰度的分析 [J]. *海洋与湖沼*, 2007, 38(4): 367-372.

- [10] 梁彦韬,汪岷,白晓歌,等. 青岛近海水域夏季和冬季浮游病毒丰度的分析[J]. 海洋与湖沼,2008,39(4):411-418.
- [11] 梁玉波. 海洋生物生态调查技术规程[M]. 北京:海洋出版社,2006.
- [12] NOBLE R T, FUHRMAN J A. Use of SYBR green I for rapid epifluorescence counts of marine viruses and bacteria[J]. Aquatic Microbial Ecology, 1998, 14:113-118.
- [13] CONTRERAS-COLL N, LUCENA F, MOOIJMAN K, *et al.* Occurrence and levels of indicator bacteriophages in bathing waters throughout Europe [J]. Water Research, 2002, 36(20):4973-4974.
- [14] WICHELS A, BIEL S S, GELDERBLOM H R, *et al.* Bacteriophage diversity in the North Sea[J]. Applied Environmental Microbiology, 1998, 64(11):4128-4133.
- [15] AUGESTI S, SATTI M P, MIRA M P, *et al.* Dissolved esterase activity as a tracer of phytoplankton lysis: evidence of high phytoplankton lysis rates in the northwestern Mediterranean [J]. Limnology and Oceanography, 1998, 43(8):1836-1849.
- [16] BOEHME J, FRISCHER M E, JIANG S C, *et al.* Viruses, bacterioplankton and phytoplankton in the southeastern Gulf of Mexico: distribution and contribution to oceanic DNA pools [J]. Mar Ecol, 1993, 97:1-10.
- [17] WEINBAUER M G, FUKS D, PUSKARIC S, *et al.* Diel, seasonal and depth-related variability of viruses and dissolved DNA in the Northern Adriatic Sea [J]. Microbiology Ecology, 1995, 30:25-41.
- [18] PROCTOR L M, FUHRMAN J A. Viral mortality of marine bacteria and cyanobacteria [J]. Nature, 1990, 343:60-62.
- [19] 张奇亚. 浮游病毒[J]. 水生生物学报, 2002, 26(6):691-696.
- [20] 张喆, 孟祥红, 肖慧, 等. 青岛近岸水体夏冬季浮游病毒、细菌分布特征及其与环境因子的关系[J]. 武汉大学学报:理学版, 2008, 54(2):209-214.
- [21] JIANG S C, PAUL J H. Seasonal and diel abundance of viruses and occurrence of lysogeny/bacteriocinogeny in the marine environment [J]. Marine Ecology Progress Series, 1994, 104:163-172.
- [22] MARANGER R, BIRD D F. Viral abundance in aquatic systems: a comparison between marine and fresh waters [J]. Marine Ecology Progress Series, 1995, 121:1-3.

Distributions of virioplankton in the sea of raft culture of *Patinopecten yessoensis* in Changhai of Dalian

YU Zuo-an^{1,2}, LI Wen-ji^{1,2*}, ZHANG Ming^{1,2}, LI Hua-lin^{1,2},
LIU Xiang-feng^{1,2}, LI Da-cheng^{1,2}

(1. Liaoning Open Lab of Applied Marine Biology, Liaoning Marine Fisheries Research Institute, Dalian 116023, China

2. Key Laboratory of Marine Fishery Molecular Biology of Liaoning Province, Dalian 116023, China)

Abstract: To study the distribution and variation of virioplankton in the sea of raft culture of *Patinopecten yessoensis* in the Guanglu Island and the Da Changshan, virioplankton abundance was determined by epifluorescence microscopy (EFM). At the horizontal scale, virioplankton abundance in inshore waters including the surface, 10 m and bottom layers were higher than those in offshore waters ($P < 0.05$); At the vertical scale, virioplankton abundance of the surface was higher than that of 10 m layer and bottom layer ($P < 0.05$) in the offshore waters. There was no difference between 10 m layer and bottom layer, and there was no vertical difference in the inshore waters between surface and bottom layer. As for the seasonal changes, virioplankton abundance of spring and summer were higher than those of autumn and winter. The virioplankton abundance of summer was highest. According to multi-correlation analysis, virioplankton abundance was distinct positive correlated with the *Chl. a* ($P < 0.01$) and positive correlated with the temperature ($P < 0.05$). Virioplankton abundance had no significant correlation with salinity and DO ($P > 0.05$).

Key words: *Patinopecten yessoensis*; virioplankton; epifluorescence microscopy (EFM); cultural area

Corresponding author: LI Wen-ji. E-mail: wenji1016@yao.com.cn