

莱州湾海湾扇贝养殖区海水中 悬浮颗粒的动态变化*

梁兴明 方建光 崔毅 唐启升

(中国水产科学研究院黄海水产研究所 青岛 266071)

提要 1997 年 10 月和 1998 年 6 月, 在莱州湾两个主要海湾扇贝养殖区——芙蓉岛海区和金城海区, 各定点进行了 24h 连续观测和取样, 并在实验室内分析了总颗粒物(TPM)、颗粒有机物(POM)和叶绿素 *a* 的含量。结果表明, 6 月份金城海区的颗粒有机物和叶绿素 *a* 的含量均高于芙蓉岛海区; 在 10 月份, 芙蓉岛海区颗粒有机物的含量高于金城海区, 但其叶绿素 *a* 的含量却低于金城海区, 表明金城海区颗粒有机物的质量高于芙蓉岛海区。

关键词 海湾扇贝, 总颗粒物(TPM), 颗粒有机物(POM), 叶绿素 *a*, 动态分布
中图分类号 S968.3

海湾扇贝(*Argopecten irradians* Lamarck)的主要饵料为浮游藻类和颗粒有机物。海水中悬浮颗粒的数量和质量, 关系到海湾扇贝能否正常生长发育。在养殖生产中, 直接关系到广大养殖户的经济效益。水中的颗粒有机物(POM)是滤食性贝类食物的来源, POM 的多少与分布情况, 是制约其养成的重要因子。近来对贝类滤食率和同化率的研究(方建光等, 1999; 王芳等, 2000; 匡世焕等, 1998; 张涛等, 2000; Bayne *et al.*, 1992; Cranford *et al.*, 1990; MacDonald *et al.*, 1994)表明, 这一因子非常重要。莱州湾是我国养殖海湾扇贝的重地, 扇贝养殖区基本可分为芙蓉岛和金城两个海区, 近几年来, 在同样的养殖密度下, 芙蓉岛海区的出柱率远高于金城海区。作者于 1997 年 10 月和 1998 年 6 月对这两个海区进行了定点调查, 通过对总颗粒物(TPM)和颗粒有机物的现存量以及其叶绿素 *a* 的含量调查, 对海区的海湾扇贝饵料状况及质量进行了评估, 以期决策部门根据海区的营养状况调整养殖规模、保持扇贝养殖业的持续发展提供资料。

1 材料与方法

1.1 材料

1997 年 10 月 18—19 日和 10 月 28—29 日, 1998 年 6 月 18—19 日和 24—25 日, 在金城海区和芙蓉岛海区各设 1 个定点站位, 以 4h 为时间间隔, 进行连续 24h 取样。金城海区定点站位为 $37^{\circ}30'N$, $119^{\circ}55'E$, 芙蓉岛海区的定点站位为 $37^{\circ}17'30''N$, $119^{\circ}42'30''E$ 。采表层水样, 每次采集 1000ml, 当日带回实验室分析。

* 国家“九五”攻关项目资助, 96-922-01-01 号。梁兴明, 男, 出生于 1961 年 10 月, 副研究员, E-mail: liangxm@ysfri.ac.cn

1.2 总颗粒物和颗粒有机物分析

先将 GF/C 玻璃纤维滤纸(1.2 μ m 孔径)经 450 $^{\circ}$ C 灼烧 5h, 然后称重(W_0) 并作好标记。分析时, 在 0.3Pa 下抽滤 500ml 水样, 然后将带有样品的滤纸在 60 $^{\circ}$ C 烘干 48h 后称重(W_{60}); 再经 450 $^{\circ}$ C 灼烧 5h 后称重(W_{450})。用 Satorius Research 电子天平称重(精确到 0.0001g)。总颗粒物(TPM, total particular matter)和颗粒有机物(POM, particular organic matter)以下列公式计算:

$$\text{TPM} = W_{60} - W_0; \quad \text{POM} = W_{60} - W_{450}$$

计算结果换算成以 mg/L 为单位。

1.3 叶绿素含量分析

用醋酸纤维滤膜(0.45 μ m 孔径)在 0.4Pa 下抽滤 500ml 水样, 90% 丙酮抽提, 在 4 $^{\circ}$ C 黑暗条件下置放 24h, 然后, 4000r/min 离心 5min 后, 用 7230 型分光光度计分别在 750、664、647 和 630nm 处比色。计算公式参照 Parsons 等(1992)的方法:

$$\text{Chl. } a = 11.85E_{664} - 1.54E_{647} - 0.08E_{630} - 10.23E_{750}$$

计算结果换算成以 μ g/L 为单位。

1.4 海水中悬浮颗粒质量的评估

悬浮颗粒的质量以海水内叶绿素的含量(μ g/L)与颗粒有机物(POM)的含量(mg/L)之比来评估。

2 结果

2.1 不同季节及大、小潮间悬浮颗粒浓度的变化

在夏季, 1998 年 6 月 24—25 日是大潮期(国家海洋信息中心, 1998), 金城海区的 TPM 和 POM 要高于芙蓉岛海区。而在小潮期(1998 年 6 月 18—19 日), 芙蓉岛海区略高于金城海区(表 1), 但两者的总平均值金城海区要略高于芙蓉岛海区。

在大潮期, 金城海区的 POM 和 TPM 的最高值(11.63, 37.15) 出现在 25 日的 2:00, 也就是从最高潮点退潮之时, 水的交换较大; 最低值(1.48, 6.7) 出现在低潮的平潮时, 即 25 日的 2:00, 水交换最小时。在芙蓉岛海区, POM 和 TPM 的最高值(9.2, 39.13) 出现在从最低潮点向高潮点涨潮的中点(25 日的 10:00), 而最低值(2.56, 6.49) 出现在 25 日的 2:00, 即从最高潮点退潮之时。可见, 潮汐的作用因底质和地形不同而异。

在小潮期, TPM 的最高值与最低值和 POM 的最高值与最低值的出现, 在时间上并不一致。在金城海区, TPM 的最大值(12.54) 出现在从高潮点向低潮点退潮的中点(18 日 21:00); 最小值(6.18) 也是出现在从高潮点向低潮点退潮的中点(19 日 9:00)。POM 的最大值(1.24) 出现在高潮点时开始向低潮点退潮时(18 日 19:00), 最小值(0.44) 出现在最低潮点时(18 日 11:00)。在芙蓉岛海区, TPM 的最大值(30.08) 出现在从高潮点向低潮点退潮的中点(18 日 21:00), 水交换较大时; 最小值(9.20) 出现在低潮点时(18 日 23:00), 即低潮平潮期。POM 的最大值(1.62) 出现在从低潮点向高潮点涨潮时(19 日 1:00), 最小值(0.44) 出现在高潮点的近平潮期(18 日 17:00)。

从以上的状况来看, 最大值大多数出现在涨潮或退潮水交换较大时, 最小值大多数都出现在平潮期, 潮汐的作用明显可见。TPM 和 POM 的最大值和最小值在大潮期时变化趋

势基本一致,小潮期就比较混乱。

在秋季,1997年10月18—19日是大潮期(国家海洋信息中心,1997),芙蓉岛海区TPM和POM的含量明显高于金城海区(表1),两者的变化趋势基本相同。10月28—29日是小潮期,两地海水中的POM的含量基本等同。总体来看,芙蓉岛海区POM的含量明显高于金城海区。结合此海区的潮汐变化来看,POM的昼夜变化与潮汐变化的形式无明显的相关关系,可见,在此季节,风力的搅动起了决定性作用。

在大潮期,芙蓉岛海区在18日的18:00—22:00呈高峰值;在金城海区,高峰值出现在19日的2:00左右,呈滞后现象。

在小潮期(10月28—29日),值得注意的现象是,虽然金城海区海水中TPM的含量明显高于芙蓉岛海区,并在28日尤为明显,但是,两地海水中的POM的含量却基本等同。且在28日的退潮期间(国家海洋信息中心,1997),海水交换较大时,芙蓉岛海区的POM与金城海区也基本相同。这种现象说明,在小潮期尽管海水中的悬浮颗粒较多,但潮汐的力量并不能带来较高的POM。

就单一海区来说,芙蓉岛海区夏季大潮时(6月24—25日)的TPM平均含量(13.25mg/L)较小潮时(6月18—19日)的(13.42mg/L)基本一致,但对应的POM的平均含量却有较大差异,两者分别是4.42mg/L和0.81mg/L。在秋季,大潮时(10月18—19)的TPM平均含量(22.06mg/L)较小潮时(10月28—29日)的(13.17mg/L)高,对应的POM的平均含量也较高,两者分别是7.07mg/L和4.89mg/L。所以秋季的营养状况明显好于夏季。

在金城海区,夏季大潮时,TPM平均含量(19.68mg/L)较小潮时的(9.4mg/L)要高的多,对应的POM的平均含量的差异也一致,两者分别是4.99mg/L和0.75mg/L。秋季大潮时的TPM平均含量(平均12.76mg/L)却较小潮时的(平均22.61mg/L)要低,对应的POM的平均含量也低,两者分别是3.99mg/L和4.99mg/L,TPM和POM的变化无明显的比例关系。总体来看,夏季的营养状况要好于秋季。

表1 莱州湾海湾扇贝养殖区悬浮颗粒浓度的变化(mg/L)

Tab.1 Variation of Seston in Bay Scallop Mariculture Area of Laizhou Bay (mg/L)

海区	项目	1997年10月 18—19日	1997年10月 28—29日	平均值	1998年6月 18—19日	1998年6月 24—25日	平均值
芙蓉岛	POM	7.07	4.89	5.98±2.33	0.81	4.42	2.62±2.24
	TPM	22.00	13.17	17.59±6.14	13.42	13.25	13.34±6.04
金城	POM	3.99	4.99	4.49±1.84	0.75	4.99	2.89±3.22
	TPM	12.76	22.61	17.69±10.20	9.40	19.68	14.5±11.35

综上所述,夏季金城海区POM的平均含量要高于芙蓉岛海区。在此季节风力较弱,海水中POM的含量主要取决于浮游植物的含量。秋季,芙蓉岛海区的POM明显高于金城海区,虽然金城海区与芙蓉岛海区的TPM的平均值相接近,但在金城海区高的TPM并未带来高的POM,这说明海水中的悬浮颗粒无机物含量较高。从整体看,初夏无大的风力,潮汐就作为主要的搅动力量;秋季潮汐与强的风力的合力作用于泥沙底质的芙蓉岛海区,对POM的浓度的影响就十分明显,但对于沙质底质的金城海区就不明显。

2.2 叶绿素 *a* 浓度的变化

叶绿素 *a* 含量分析表明, 金城海区较芙蓉岛海区明显要高, 在 6 月份尤其明显(表 2)。由此推论, 芙蓉岛海区 POM 的高值, 主要是由底质内的有机碎屑组成。而在金城海区, POM 的高值, 主要是由浮游植物形成的, 可见金城海区更利于浮游植物生长。

大、小潮期叶绿素 *a* 的含量差异也很大。秋季大潮期, 芙蓉岛海区的叶绿素 *a* 含量要高于金城海区; 夏季, 无论是在大潮期还是小潮期, 金城海区的叶绿素 *a* 的含量都高于芙蓉岛海区。这是因为, 初夏的水温更适宜浮游植物生长; 秋季水温开始降低, 浮游植物繁殖减缓, 而且风浪加大, 水体搅动加剧, 底质状况对水中叶绿素 *a* 的含量起到了决定性的作用。

表 2 芙蓉岛、金城海区大、小潮间叶绿素 *a* 浓度的变化($\mu\text{g/L}$)

Tab.2 Variation of chlorophylla between spring tide and neap tide in Furongdao area and Jincheng area ($\mu\text{g/L}$)

海区	1997 年 10 月	1997 年 10 月	平均值	1998 年 6 月	1998 年 6 月	平均值
	18—19 日	28—29 日		18—19 日	24—25 日	
芙蓉岛	1.80	—	1.80 ± 1.20	2.55	1.65	2.10 ± 1.40
金城	1.35	5.05	3.20 ± 1.91	3.66	8.51	6.09 ± 4.85

2.3 悬浮颗粒质量的评估

由表 3 可知, 秋季虽然金城海区的 POM 的含量低于芙蓉岛海区, 但叶绿素 *a* 的含量($\mu\text{g/L}$)与 POM 现存量(mg/L)的比值却高于芙蓉岛海区。这说明, 在金城海区的 POM 中, 浮游植物占了相当的比例; 而在芙蓉岛海区的 POM 中, 各种不含叶绿素 *a* 的有机碎屑占了较大的比例。值得注意的是, 从绝对值上看, 芙蓉岛海区的叶绿素 *a* 的含量也要低于金城海区。因此, 金城海区 POM 的质量要优于芙蓉岛海区。

表 3 秋季莱州湾扇贝养殖区海水中叶绿素 *a* 与 POM 的比值($\mu\text{g/mg}$)

Tab.3 Ratio of Chlorophylla to POM in Bay Scallop Mariculture area of Laizhou Bay in Autumn ($\mu\text{g/mg}$)

海区	10 月 18 日				10 月 19 日			平均值
	10:00	14:00	18:00	22:00	2:00	6:00	10:00	
芙蓉岛	0.27	0.13	0.38	0.43	0.25	0.06	0.16	0.24 ± 0.14
金城		0.34	0.48	0.41	0.14	0.36	0.52	0.31 ± 0.13

3 讨论

莱州湾是我国养殖海湾扇贝的重地, 自 1992 年以来海湾扇贝养殖业的大规模发展, 使沿岸的渔民养殖户获得了显著的经济效益。但近几年来, 在经济利益的驱动下, 有的养殖户不考虑当地的生态状况, 盲目扩大养殖规模和养殖密度, 违背了扇贝生长的自然规律, 结果造成大投入小收益。1997 年, 芙蓉岛和金城海区的养殖规模均为近 3000 亩, 但芙蓉岛海区扇贝柱平均可达 120 粒/500g, 而金城海区平均近 200 粒/500g。显然芙蓉岛海区的经济效益远高于金城海区。这种现象已引起当地政府的高度重视, 正对养殖规模进行调整。

实地调查发现, 莱州湾芙蓉岛海区和金城海区海湾的扇贝生长, 在 9 月前两地的生长速度无大的差异。进入 9—10 月后, 随着扇贝个体的增长, 对食物的需求量大大提高, 若

无充足的饵料供给, 生长速度明显减缓, 这在金城海区尤其明显。10月份后, 随着水温的下降, 扇贝壳生长速度也会自然下降, 而进入肉体增肥阶段。所以, 9—10月就成了决定扇贝养成质量的关键时期。本次调查结果显示, 在此期间, 芙蓉岛海区 POM 的含量明显高于金城海区, 这也解释了芙蓉岛海区的扇贝质量明显高于金城海区的原因。

从调查结果可看出, TPM 与 POM 之间无稳定的比例关系; 同样, POM 与叶绿素 *a* 之间也无稳定的比例关系。作为滤食性的海湾扇贝, 决定其生长的主要因子还是海水中 POM 的含量。芙蓉岛海区为泥沙底质, 沿岸有河口及许多养虾池; 而金城海区为砂质底质, 沿岸无养虾池。在同样的雨水和风力搅动下, 芙蓉岛海区的 POM 含量应高于金城海区, 因而芙蓉岛海区的养殖容量应高于金城海区。但应注意到, 金城海区的 POM 的质量要明显高于芙蓉岛海区, 所以在控制一定养殖量的基础上, 金城海区的扇贝的生长应好于芙蓉岛海区。这一问题与养殖容量紧密相连, 养殖容量是目前世界所有海水养殖业所面临的问题(方建光等, 1998, Caever *et al.*, 1990), 也正是下一步研究的方向。

参 考 文 献

- 王 芳, 董双林, 张 硕等, 2000. 海湾扇贝和太平洋牡蛎的食物选择性及滤除率的实验研究. 海洋与湖沼, 31(2): 139—144
- 方建光, 孙慧玲, 匡世焕等, 1999. 泥蚶幼虫滤水率和摄食率的研究. 海洋与湖沼, 30(2): 167—171
- 方建光, 匡世焕, 孙慧玲等, 1998. 桑沟湾栉孔扇贝养殖容量的研究. 海洋水产研究, 17(2): 18—31
- 匡世焕, 方建光, 孙慧玲等, 1998. 桑沟湾海水中悬浮颗粒的动态变化. 海洋水产研究, 17(2): 60—67
- 张 涛, 杨红生, 王 萍等, 2000. 烟台十里湾海区栉孔扇贝同化率周年变化及其与环境的关系. 海洋与湖沼, 31(3): 266—272
- 国家海洋信息中心, 1997. 潮汐表. 北京: 海洋出版社, 187—189
- 国家海洋信息中心, 1998. 潮汐表. 北京: 海洋出版社, 199—201
- Bayne B L, Hawkins A J S, 1992. Ecological and Physiological Aspects of Herbivory in Benthic Suspension-feeding Molluscs. In: John D M, Hawkins S J, Price J H ed. Plant-animal Interaction in the Marine Benthos. Systematics Association special 46. Oxford: Clarendon Press, 265—288
- Caever C E A, Mallet A L, 1990. Estimating the carrying capacity of a coastal inlet for mussel culture. Agriculture, 88(1): 39—53
- Cranford P J, Grant J, 1990. Particle clearance and absorption of phytoplankton and detritus by the sea scallop *Placopecten magellanicus* (Gmelin). J Exp Mar Biol Ecol, 137: 105—121
- MacDonald B A, Ward J E, 1994. Variation in food quality and particle selectivity in the sea scallop *Placopecten magellanicus* (Mollusca: Bivalvia). Mar Ecol Prog Ser, 108: 251—264
- Parsons T R, Maita Y, Lalli C M, 1992. A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis. Oxford: Pergamon Press, 101—103

SESTON DYNAMICS IN BAY SCALLOP (*ARGOPECTEN IRRADIANS* LAMARCK) MARICULTURE AREAS OF LAIZHOU BAY

LIANG Xing-Ming, FANG Jian-Guang, CUI Yi, TANG Qi-Sheng
(Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao, 266071)

Abstract Investigations into the Bay Scallop (*Argopecten irradians* Lamarck) mariculture waters were carried out in October 1997 and June 1998 respectively. This farming region was divided into two areas: Furongdao area and Jincheng area. A fixed station was established to sample the seawater continuously in a 24-hour period. The content of seston (TPM and POM) and chlorophyll-*a* was analyzed in laboratory. The results show that in June the content of POM and chlorophyll-*a* in Jincheng area were higher than that in Furongdao area; in October the content of POM in Furongdao area was higher than that in Jincheng area, but the content of chlorophyll-*a* in Furongdao area is lower than that in Jincheng area. It implies that the quality of POM in Jincheng area is better than in Furongdao area.

Key words *Argopecten irradians*, TPM, POM, Chlorophyll-*a*, Dynamics