

# 桑沟湾栉孔扇贝不同季节滤水率 和同化率的比较\*

匡世焕 方建光 孙慧玲 李 锋

(中国水产科学研究院黄海水产研究所, 青岛 266071)

**提要** 于1993年9月和1993年11月在山东省荣成市桑沟湾用半现场法对该湾养殖之栉孔扇贝的滤水率和同化率进行了测定。结果表明:(1)栉孔扇贝的滤水率秋季(9月)明显地高于冬季(11月)。(2)在同一密度下,单个个体的滤水率随着个体的增大而增大,而单位重量的滤水率随着个体的增大而减小;同一规格的个体,其单个个体和单位重量的滤水率均随着密度的增大而减小。(3)栉孔扇贝的同化率在秋、冬两季无明显差异。(4)不同大小、不同密度的栉孔扇贝的同化率无明显的差异,但其值都较高(94.3%—98.9%)。本文还对以叶绿素 *a* 和颗粒有机物两个指标测定滤水率的异同进行了讨论。

**关键词** 栉孔扇贝 滤水率 同化率 半现场法

滤水率(Filtration Rate, *FR*)是指滤食性生物在滤食水中的悬浮颗粒物时单位时间内所滤过的水的体积。滤水率和同化率是双壳类能量研究中的两个基本参数(Riisgard, 1991)。桑沟湾是我国北方的重要养殖海区之一,其主要养殖对象为栉孔扇贝和海带。该湾1991年栉孔扇贝的养殖面积达665ha,养殖量约为10亿粒。由于大面积、高密度的养殖,栉孔扇贝的养殖周期由以往的1.5—2a延长到2.5—3a,并且病害时有发生。本研究可应用于计算整个海区养殖栉孔扇贝对初级生产力产品的需求与消耗,为重新合理布置该湾的养殖模式提供理论依据。国外对滤水率的研究进行得较多,但尚未见到国内有关双壳类滤水率方面的研究报道。

## 1 材料和方法

**1.1 海水及流水系统** 实验采用半现场法,即将桑沟湾内自然海水直接引入室内的流水系统进行实验。用水泵将湾内海水打入崖头镇养殖场育苗用的500m<sup>3</sup>的大沉淀池中,略经沉淀后,用胶皮水管吸入实验室内的一个0.4m<sup>3</sup>的玻璃钢桶中(起缓冲和保持水位的作用),流入玻璃钢桶中的海水经分流器分别虹吸流入实验水槽。水槽尺寸为20cm×20cm×60cm,进水孔位于槽底上方0.5cm处;出水孔位于另一端的槽顶下方1.5cm处(图1)。实验期间,海水的平均温度为24.5±0.8℃(9月)和10.1±0.5℃(11月),pH=8.10,盐度为31—32,光照约为1000 lx。各实验水槽的海水流速为460—630 ml/min(9月)和410—560 ml/min(11月)。

\* 山东省自然科学基金青年基金资助项目, Q94D0121号和中、加合作研究项目。匡世焕,男,出生于1967年10月,硕士,助研。

收稿日期:1994年2月26日,接受日期:1994年9月12日。

**1.2 扇贝** 实验用栉孔扇贝 (*Chlamys farreri*) 于当次实验前一周取自桑沟湾内崖头镇养殖场所属养殖海区, 取回实验室后洗刷干净壳上的附着生物, 按照扇贝的大小和密度分成 6 个实验组, 分别标记为 S2, M2, B2, S4, M4 和 B4 组。其中, B, M, S 分别表示大、中、小三种不同规格的扇贝, 其后的数字表示实验扇贝个数, 如 B4 组表示该组为 4 个大扇贝。放于实验槽中适应 3—6d, 然后开始实验。两次实验所用扇贝的体重、壳高、肥满度等指标见表 1。

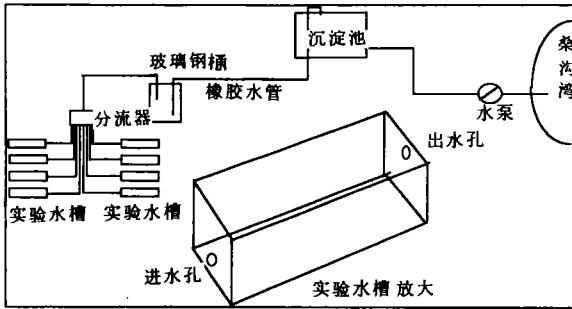


图 1 滤水率实验流水系统示意

Fig. 1 Running seawater system for measuring filtration rate of *Chlamys farreri*

**1.3 实验方法** 实验开始时先测定每个水槽的流速、海水中叶绿素 *a* (chl. *a*) 和颗粒有机物 (POM) 的含量, 12h 后再测定以上指标, 以进水孔和出水孔处 chl. *a* 和 POM 含量的变化分别计算滤水率。chl. *a* 的测定按 Parsons 等 (1992) 的方法。POM 的测定方法如下: 用经过 450 °C 灼烧 5h 后称重 ( $W_0$ ) 并标记好的空白 GF/c 玻璃纤维滤纸抽滤 500 ml 的水样, 置于 -20 °C 温度下的干燥器中储存以备分析。分析时将带有样品的玻璃纤维滤纸先在 60 °C 烘干 48h, 称重 ( $W_{60}$ ); 再经 450 °C 灼烧 5h 后称重 ( $W_{450}$ )。称重用 Sartorius Research 电子天平 (精确到 0.0001g)。按以下公式计算:

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

式中, TPM 为总悬浮颗粒物重量 (有机和无机)。

个体滤水率 (FR) (L/h) =  $V(C_1 - C_2) / C_1$ , 式中,  $V$  为海水流速 (L/h);  $C_1$  为进水孔处的 chl. *a* ( $\mu\text{g/L}$ ) 或 POM (mg/L) 浓度;  $C_2$  为出水孔处的 chl. *a* 或 POM 浓度。

单位重量滤水率 (FR') [L/(h·g)] = FR / 个体干组织重。

同化率 (AE) (%) =  $(W_i - W_e) / W_i \times 100\%$ , 式中,  $W_i$  为扇贝在特定时间内摄入的 POM 总量;  $W_e$  为其在相应时间内排出的粪便中 POM 总量。

## 2 结果

**2.1 实验栉孔扇贝在不同季节的肥满度** 9 月和 11 月两次实验所用栉孔扇贝的生理指标 (Condition Index) 见表 1。从表中可以看出, 11 月实验所用扇贝的规格普遍大于 9 月的, 但 9 月份扇贝的肥满度指数大于 11 月的。

**2.2 滤水率** 以 chl. *a* 为指标测定出的不同密度下不同大小的扇贝在 9 月和 11 月平均单个个体的滤水率见图 2a, 可以看出, 9 月份的滤水率明显地大于 11 月份的; 在同一

表 1 9 月和 11 月实验扇贝的肥满度

Tab.1 The condition index data of *Chlamys farreri* in September and November

时间	组别	平均壳高(cm)	平均鲜重(g)	平均干组织重(g)	平均干壳重(g)	肥满度(%) <sup>1)</sup>
9 月	S2	3.23	3.37	0.17	1.52	11.22
	S4	3.15	3.56	0.17	1.59	10.71
	M2	4.15	8.52	0.48	3.64	13.05
	M4	3.98	6.81	0.28	3.06	9.28
	B2	5.63	20.71	1.20	8.30	14.46
	B4	5.58	21.03	1.11	8.74	12.70
11 月	S2	3.03	3.66	0.11	1.37	7.71
	S4	3.45	5.04	0.16	2.01	7.96
	M2	5.05	13.98	0.56	5.80	9.66
	M4	5.05	14.73	0.54	6.62	8.16
	B2	6.90	33.18	1.37	13.50	10.15
	B4	6.65	33.65	1.43	14.25	10.04

1) 肥满度 = 干组织重 + 干壳重 × 100%.

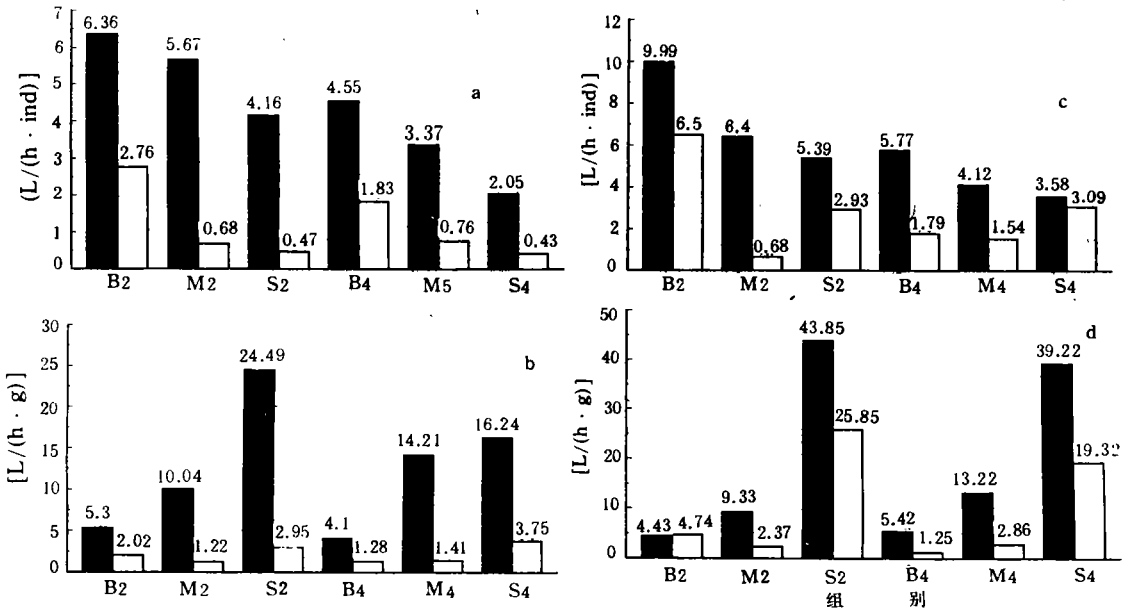


图 2 桑沟湾栉孔扇贝不同季节的滤水率

Fig.2 Seasonal variation of filtration rate of *Chlamys farreri* in Sanggou Bay

a. 以 chl.a 为指标测定的个体滤水率; b. 以 chl.a 为指标测定的单位重量滤水率;

c. 以 POM 为指标测定的个体滤水率; d. 以 POM 为指标测定的单位重量滤水率。■ 9 月; □ 11 月。

密度下, 扇贝的个体越大, 其滤水率越大; 同一规格的扇贝, 密度越大, 其滤水率越小。图 2b 是用图 2a 中的值除以各自的干组织重后得出的相同条件下单位干组织重量的

滤水率。可以看出,在同一密度下,扇贝的个体越大,其单位干组织重量的滤水率越小,图 2a 的趋势相反,其它趋势和图 2a 相同。

图 2c 和 2d 是以 *POM* 为指标测定出的对应于图 2a 和图 2b 的各项滤水率值。从这两个图中可以看出,其滤水率的趋势分别与图 2a 和图 2b 一致,只是用 *POM* 为指标测定的滤水率普遍大于以 *chl. a* 为指标测定出的值。且滤水率值越大,差异越大(表 2)。

表 2 以 *chl. a* 和 *POM* 为指标测定出的滤水率的比较

Tab.2 Comparison of filtration rate values determined by *chl. a* and *POM*

组别	S2		M2		M2		S4		M4		B4	
测定指标	<i>chl. a</i>	<i>POM</i>	<i>chl. a</i>	<i>POM</i>	<i>chl. a</i>	<i>POM</i>	<i>chl. a</i>	<i>POM</i>	<i>chl. a</i>	<i>POM</i>	<i>chl. a</i>	<i>POM</i>
9 月 <i>FR</i>	4.16	5.39	5.67	6.40	6.36	9.99	2.05	3.58	3.37	4.12	4.56	5.77
9 月 <i>FR'</i>	24.49	43.85	10.04	9.33	5.30	4.43	16.24	39.22	14.21	13.22	4.10	5.42
11 月 <i>FR</i>	0.47	2.93	0.68	0.68	2.76	6.50	0.43	3.09	0.76	1.54	1.83	1.79
11 月 <i>FR'</i>	2.95	25.85	1.22	2.37	2.02	4.74	3.75	19.32	1.41	2.86	1.28	1.25

**2.3 同化率** 实验测定出的扇贝在不同季节的同化率见表 3。9 月份的实验分别测定了扇贝在白天和夜间的同化率,结果表明两者无显著的差异。11 月份的实验测定了扇贝在 24h 内的同化率。从两次测定情况可以看出,栉孔扇贝在自然海水提供的食物条件下,同化率普遍较高,同化率值在 94.3%—98.9% 的范围内,且无假粪排出。在同一密度下,不同大小的扇贝的同化率无明显的差异;同一规格的扇贝,密度较大的实验组扇贝的同化率稍高,但趋势不明显;秋、冬两季扇贝的同化率之间也无明显的差异。

表 3 不同季节扇贝的同化率(%)

Tab.3 Assimilation efficiency of scallops in September and November

组别	S2	M2	B2	S4	M4	B4
9 月 白天	96.1	97.3	97.6	95.3	98.6	98.6
9 月 夜间	98.8	94.3	96.4	98.3	94.6	97.7
9 月 平均	97.5	95.8	97.0	96.8	96.6	98.2
11 月	97.8	94.7	98.8	98.9	95.2	96.2

### 3 讨论与结语

**3.1 滤水率的测定法** 滤水率是反应滤食性动物生理状况的一个动态指标,它的大小直接受生物所处生活环境的理化因子的影响。对双壳类而言,海水的温度(Walne, 1972)、盐度(Navarro, 1988)、流速(Wildish et al., 1990)、海水中悬浮颗粒物的理化性质(Navarro et al., 1992)以及饵料的结构及浓度(Riisgard, 1991)等都直接影响到它的滤水率。对这样一个重要的动态指标的测定往往是比较棘手的。自本世纪初以来,科学家们采用各种方法对其进行测定,进入 80 年代以后,随着微水流探针和更精确的颗粒计数器的出现,对滤水率测定的精确性有了提高(Loo et al., 1989; Iglesias et al., 1992)。尽管如此,由于受上述因子的影响,对同一种生物滤水率的测定结果往往有较大差别,例如,对贻贝的滤水率进行过较多的研究,其结果差异最大的达 10 倍(Winter,

1978)。因此,对滤水率的测定,应使其实验条件尽量与自然条件下一致,本实验采用未见报道过的半现场(semi-in situ)测定法,不但实验方法比现场(in situ)测定法简便实用,而且由于实验理化条件同该海区的自然条件较为接近,其实验结果的可靠性又比在实验室测定的高。

用 *POM* 为指标测出的滤水率大于以 *chl.a* 为指标测出的值,可能与这两种方法所用的滤纸/滤膜的孔径大小有关,测定 *POM* 含量时用的是玻璃纤维滤纸,其孔径为  $1.2\ \mu\text{m}$ ,而测定 *chl.a* 的含量时用的是微孔滤膜,其孔径为  $0.45\ \mu\text{m}$ ,而  $0.45 - 1.2\ \mu\text{m}$  直径的颗粒物也在双壳类的摄食范围内(Shumway et al., 1985)。而且由于海水中 *POM* 的浓度易受海况和风浪的影响而波动,不如 *chl.a* 稳定,因此以 *chl.a* 为指标测出的值较为稳定可靠。

**3.2 滤水率与生物个体大小的关系** 大多数科学家认为,滤食率和生物的体重呈一个幂函数方程的关系:  $FR = aW^b$ , 式中的  $b$  一般在  $0.4 - 0.6$  的范围内。按照这一方程,个体越大,其体重( $W$ )就越大,个体的滤水率  $FR$  也就越大,而单位干组织重量的滤水率  $FR' = aW^b / W = aW^{b-1}$ , 由于  $b$  大致为  $0.4 - 0.6$ ,  $b-1 < 0$ , 因此,个体( $W$ )越大,单位干组织重量的滤水率  $FR'$  越小。本实验的结果完全符合这一规律。

**3.3 滤水率、同化率与生物生长的关系** Doering 等(1986)建立了一个模式描述牡蛎的滤水率:  $FR = L^{0.96}T^{0.95} / 2.95$  ( $L$  为体长、 $T$  为海水温度),从这个公式中可以看出,在适宜的温度范围内,滤水率随着温度的升高而升高。本实验表明,秋季的滤水率明显地大于冬季的,这和秋季较高的海水温度有一定的关系。Riisgard (1991)实验表明在一定的饵料浓度范围内,贻贝(*Mytilus edulis*)在同一条件下的滤水率保持在稳定的水平。由此,滤水率越大的个体摄食越多,生长就越快。我们在两次实验期间对扇贝肥满度的测定结果表明,9月的肥满度大于11月的,这同扇贝在该海区的生长规律是一致的。因为9月底到10月初正是桑沟栉孔扇贝的秋季产卵高峰,9月实验期间扇贝正处于产卵前期,肥满度指数较大,而11月扇贝刚经过生殖高峰,肥满度较小。扇贝在秋季的滤水率大于冬季的,一方面是由于秋季的温度较高的缘故,另一方面也是因为其自身的生理需要(生殖前期的大量积累能量)。在自然海区生活的扇贝,进入冬季后,生长缓慢,其原因之一可能就是因为滤水率的降低。

从本实验测出的同化率来看,秋季和冬季无明显的差异,但密度大的实验组个体的同化率稍高,这是由于密度越大,其摄入的食物就越少,为了维持其正常的生长,扇贝对所摄入的食物的利用率必定提高,因而其同化率也就较高了。值得一提的是,受实验条件的限制,本实验在计算同化率时没有考虑排泄物中溶解于水中的部分,从理论上说,所得出的值比实际值略高。

综上所述,通过用半现场法对桑沟湾栉孔扇贝在秋、冬两季的滤水率进行测定和加以比较,表明栉孔扇贝在秋季的滤水率明显地大于冬季的,这与不同季节自然条件的差异和其本身的生理需求有关。

## 参 考 文 献

Doering, P.H. & Oviatt, C.A., 1986, *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 31: 265 — 275.

- Iglesias, J. I. P. et al., 1992, *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **162**: 177 — 198.
- Loo, L. O. & Rosenberg, R., 1989, *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **130**: 253 — 276.
- Navarro, J. M., 1988, *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **122**: 19 — 33.
- Navarro, E., Iglesias, J. I. P. & Ortega, M., 1992, *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **156**: 69 — 87.
- Parsons, T. R., Maita, Y. & Lalli, C. M., 1992, *A Manual of chemical and Biological Methods for Seawater Analysis*, Pergamon Press (Oxford), pp. 101 — 103.
- Riisgard, H. U., 1991, *J. Shellfish Res.*, **10**: 29 — 35.
- Shumway, S. E., Cucci, T. L., Newell, R. C. et al., 1985, *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **91**: 77 — 92.
- Walne, P. R., 1972, *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.*, **52**: 345 — 374.
- Wildish, D. J. & Miyares, M. P., 1990, *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **142**: 213 — 219.
- Winter, J. E., 1978, *Aquaculture*, **13**: 1 — 33.

## SEASONAL VARIATION OF FILTRATION RATE AND ASSIMILATION EFFICIENCY OF SCALLOP *CHLAMYS FARRERI* IN SANGGOU BAY

Kuang Shihuan, Fang Jianguang, Sun Huiling, Li Feng

(Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fisheries Sciences Qingdao 266071)

**Abstract** Filtration rate (*FR*) and assimilation efficiency (*AE*) are two very important parameters in bioenergetic studies of suspension-feeding bivalves. The *FR* and *AE* of scallop *Chlamys farreri* were measured by a semi-in situ method in fall (9th to 18th in September) and winter (15th to 24th in November) of 1993 in Sanggou Bay. The experiments were carried out with a semi-in situ running water system into which natural seawater was directly pumped and no additional food was added. *FR* and *AE* were calculated based on changes of two different indices—chl *a* and *POM* (particulate organic matter) in seawater. Results showed that (1) *FR* of *Chlamys farreri* in fall were significantly higher than those in winter; (2) the larger the individual size, the higher the per individual *FR* and the lower the per unit dry tissue weight *FR*; (3) the higher the culture density, the lower the *FR* both per individual and per unit dry tissue weight; (4) there were no significant differences in *AE* between fall and winter, and (5) there were no significant differences in *AE* of scallops with different sizes and culture densities. It is presumed that the higher *FR* in fall may be due to the higher temperature and the scallop's physiological requirement of accumulating large amount of energy for its autumnal spawning.

**Key words** Filtration rate    Assimilation efficiency    *Chlamys farreri*    Semi-in situ