

魁蚶对不同饵料同化率的研究*

张国范 高悦勉 张福崇 李 濛

(大连水产学院)

魁蚶 (*Arca inflata*) 是一种经济价值较大的海产双壳类。我国, 朝鲜半岛及日本沿海都有分布。近年来由于资源量日趋下降, 各国先后开展了魁蚶的增养殖研究工作。

魁蚶栖息在 3—50 米水深富含软泥的海底, 以单胞藻和其它有机颗粒为食。目前人工饲养贝类的单胞藻多以小球藻 (*Chlorella* spp.), 等鞭金藻 (*Isochrysis* sp.), 扁藻 (*Platymonas* sp.), 褐指藻 (*Phaeodactylum tricornutum*) 及塔胞藻 (*Pyramimonas* sp.) 为主。从事这几种饵料对魁蚶营养价值的实验研究, 对魁蚶和其它双壳类的增养殖, 特别是人工育苗和亲贝促熟有重要意义。

对双壳类饵料的研究, 目前常用的方法有: (1) 以饵料培养试验贝个体 4—8 周, 比较不同饵料条件个体增重或壳长增加量以确定饵料价值^[1-3, 10]。(2) 测定双壳类对饵料的同化率^[2, 16], 以判别不同饵料对某一种双壳类的营养价值。

同化率计算方法有三种^[3, 12, 18]

$$(1) AE = G + R \cdot I^{-1} \times 100\%$$

式中

AE : 同化率;

G : 有机物增加量/时间;

R : 呼吸耗氧量/时间;

I : 摄食量/时间。

$$(2) AE = C - F \cdot C^{-1} \times 100\%, \text{ 其中: } C = Z - Q$$

式中

AE : 同化率;

C : 摄食量/时间;

F : 排泄物重量/时间;

Z : 滤食量/时间;

Q : 假粪**排出量/时间。

$$(3) AE = F - E[(1 - E) \cdot F]^{-1} \times 100\%$$

式中

AE : 同化率;

F : 饵料中有机物重(干重);

* 本文是在王子岳教授指导下完成的, 在此特表示感谢。

** 假粪 (pseudofeces) 是指经滤后未进入消化道而从唇瓣排出体外的呈团状的饵料。

E: 粪便中有机物重(干重)。

作者参考 Valenti^[8]的工作,制成一套魁蚶粪便和假粪收集器 (Biodeposition Collector) 通过测定固体粪便和假粪,来确定魁蚶对不同种单胞藻饵料在不同浓度条件下的同化率。该装置把魁蚶粪便和假粪分别收集到一个容器中,这样就弥补了直接从釜底收集粪便和假粪之不足。但这种装置也还存在一些问题,如粪便可能有部分分解,溶于水体中及抽滤都可能对粪便和假粪的定量产生影响。目前尚未见有对此类问题做定量说明的报道。

一、材料和方法

魁蚶粪便及假粪收集器 (B, C) 如图 1 所示。D 是洗耳球 (100 毫升), 其上切有椭圆形孔洞 (3.2×2.8 厘米)。将魁蚶进水腔前部 (约 1/3) 插入一洗耳球孔洞, 以收集假

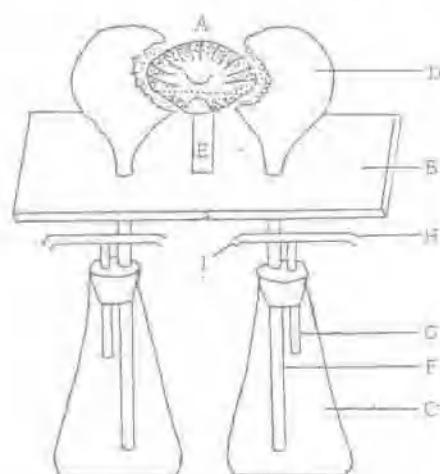


图 1 魁蚶粪便与假粪收集器示意图

A. 实验魁蚶; B. 收集器支架板; C. 收集瓶;
D. 收集球; E. 实验魁蚶支持架; F. 收集管;
G. 出水管; H. 进气管; I. 出水管

粪,另一端插入另一洗耳球内,以收集粪便。在实验条件,魁蚶开壳的最大高度为 1.2 厘米,故洗耳球切口不妨碍贝壳的启闭。两烧瓶 (C) 分别是收集假粪和粪便的容器。H 是充气管。I 为出水管。充气机 (ZX-1A 型真空泵) 所产生的压缩空气使三角烧瓶中的水从出水管流出。洗耳球中的水连同假粪和粪便分别一起流到三角烧瓶的底部,固体物质就沉积于烧瓶的底部。用 311 型粘接剂把魁蚶粘在支持架 (E) 之一端,其另一端固定在支架板 (B) 上。一个支架板上置两个实验贝图版 VI:A。整个装置放入 13 升玻璃圆缸 (直径 30 厘米,高 35 厘米) 中图版 VI:B。缸外涂以黑漆。圆缸放入恒温 22.0℃ 水浴盆内。

实验用魁蚶取自大连黑石礁海区二龄贝 (由大连水产学院 1983 年放流)。魁蚶从海区取出后,暂养三周。在暂养期间逐渐升温到 22.0℃,使其适应实验水温。暂养过程中投喂小球藻与豆浆。选取壳长 3.75 厘米至 4.20 厘米,鲜重(包括贝壳) 15.8—16.4 克的魁蚶进行实验。每次用二个贝,每种饵料实验两次。实验前用与实验相同的饵料种类和浓度喂养魁蚶 24 小时。实验周期为 24 小时。实验前后分别取饵料液两次,每次 500 毫升。用事先烘干 (95℃, 12 小时) 称重的超滤膜 (0.8 微米) 抽滤 (抽滤器 M50 型)。过滤物用 0.5mol/L 甲酸氨洗去盐质,于 65℃ 烘干 24 小时^[11]。在分析天平上称重。实验结束时,把两个贝的粪便及假粪分别移到一个三角烧瓶中,用饵料液定量到 300 毫升。按处理饵料的方法处理粪便和假粪。过滤物重量减去 300 毫升含饵料量即为粪便或假粪重量。同化率按下式计算^[12]:

$$AE = C - F \cdot C^{-1} \times 100\%$$

在实验过程中,测定初始饵料及粪便滤液的有机耗氧量,测定 24 小时内饵料及魁蚶

本身分泌物使水体有机耗氧量的变化。

为了比较魁蚶摄食小球藻与小硅藻的差异,将4个魁蚶放入盛有小球藻(53万细胞/毫升),小硅藻(32万细胞/毫升)混合饵料液的容器内(无光),在20.0—22.0℃条件下,24小时后测定剩余饵料,假粪和粪便中小球藻与小硅藻的比例。用血球计数板定量饵料。

实验使用二次扩种培养的饵料。饵料种类包括:小球藻、湛江叉鞭金藻(*Dicrateria zhanjiangensis*)、盐藻(*Dunaliella* sp.)、褐指藻(18%新月菱形藻型,82%的褐指藻型,褐指藻以两种形态存在:棱形和三出放射形)、塔胞藻。

试验用水系经陶瓷过滤器过滤的天然海水,盐度:31, pH 8.3, $[\text{NH}_4]^+ = 122.8$ 毫克/升,溶解氧:6.81 毫克/升, COD:1.15 毫克 O_2 /升。

二、结 果

1. 魁蚶对小球藻、塔胞藻的同化率较低,分别为49.6%和41.9%,对金藻、褐指藻、盐藻的同化率较高,均在70%以上。对小球藻与褐指藻混合饵料的同化率高于单独使用小球藻的20%,而接近于褐指藻。同化率高低依次为盐藻、褐指藻、金藻、小球藻加褐指藻、小球藻、塔胞藻(表1)。

表1 魁蚶对不同饵料的同化率。

饵料种类	浓度(万细胞/毫升)	同化率(%)	同化率平均值(%)
盐 藻	25.0	78.4	77.2
	23.0	76.0	
褐指藻	41.7	72.0	75.1
	25.0	73.2	
金 藻	13.0	72.5	75.3
	11.0	74.1	
褐指藻 + 小球藻	13.0+14.0	72.0	71.0
	15.0+14.0	70.0	
小球藻	60.0	50.0	49.6
	25.0	49.1	
塔胞藻	8.0	41.3	41.7
	6.5	42.1	

2. 小球藻浓度由 25 万细胞/毫升增至 60 万细胞/毫升, 其摄食量、同化量、粪便量和假粪量分别增加了 53%, 54.12%, 50.35%, 22.73%。而同化率则无明显的变化, 分别为 49.1% 和 50.0%。因此, 在一定摄食量范围内, 同化率不受饵料浓度的影响 (表 2)。

表 2 两种饵料浓度条件下魁蚶的同化率和同化量 (单位: 毫克)

饵料种类	浓度 (万细胞/毫升)	日滤出量	日摄食量	日同化量	日假粪量	日粪便量	同化率 (%)	COD
小球藻	60.0	5.98	5.78	2.89	0.22	2.86	50.0	0.72
	25.0	2.86	2.65	1.52	0.17	1.43	49.1	
褐指藻	32.7	36.01	34.68	26.70	1.33	2.98	77.6	0.60
	25.0	25.74	23.46	16.69	0.28	6.83	71.3	

3. 由表 2 可见, 随饵料浓度增加, 日同化量增大。小球藻浓度由 25 万细胞/毫升增至 60 万细胞/毫升, 其日同化量增加 1.56 毫克; 褐指藻由 25 万细胞/毫升增加至 32 万细胞/毫升, 其日同化量增加 8.07 毫克。故在一定饵料浓度范围内, 魁蚶日同化量随饵料浓度的增加而增加。

4. 魁蚶对小球藻和褐指藻从环境中滤出的能力有一定差异 (表 3)。24 小时内从水体中滤出的褐指藻比小球藻多 12.4%。假粪中褐指藻的比例 (63.7%) 几乎是饵料初始时的 2 倍。

表 3 魁蚶对小球藻和褐指藻的滤食差异。

饵料种类	细胞大小 (微米)	初始含量 (%)	实验 24 小时后含量 (%)	假粪中的含量 (%)
小球藻	4—5	61.6	67.8	36.3
褐指藻	12—22* 10—18**	38.4	32.2	63.7

* 新月菱形藻细胞长。

** 褐指藻两臂端间的垂直距离。

三、讨 论

1. 小球藻个体细胞较小仅 4—5 微米, 其表面又有一层较厚的纤维质构成的细胞壁, 它虽然较易为一些双壳类幼体摄食, 但魁蚶成体对其利用能力较差。摄食小球藻比褐指藻所排出的粪便细且长。同时, 魁蚶对小球藻的同化率较低, 故它不是魁蚶的理想饵料, 因此, 有的学者也认为小球藻营养价值不大^[10]。

塔胞藻在结构和生态习性上与扁藻较为相似, 营养价值可能也相差不大。在菲律宾蛤仔 (*Ruditapes philippinarum*) 和贻贝 (*Mytilus edulis*) 幼虫饵料中扁藻被认为是一种较好的饵料^[12,5]。魁蚶对塔胞藻的摄食量较大 (浓度在 10 万个细胞/毫升时为 16.69 毫

克/日),而同化率却较低(41.3%)。食用牡蛎(*Ostrea edulis*)对扁藻的同化率也不高^[26,20]。与小球藻相比,虽然魁蚶对塔胞藻同化率低于小球藻,但日摄食量大于小球藻且同化量也相应较大(表4),故用塔胞藻饲养魁蚶要好于小球藻。

表4 魁蚶对小球藻及塔胞藻的摄食量及同化率(单位:毫克)

饵料种类	浓度(万细胞/毫升)	滤出量	摄食量	假粪量*	粪便量	同化量	同化率(%)
小球藻	60.00	7.98	5.70	0.23	3.65	2.88	50.00
塔胞藻	10.00	20.15	16.59	3.40	9.70	6.90	41.30

* 指魁蚶从实验水体中过滤出去的饵料重量。

2. 金藻、盐藻和褐指藻(除卵形形态)均无细胞壁,较易为双壳类幼体和成体同化。国外一些学者的研究结果表明:贻贝、长牡蛎(*Crassostrea gigas*)对球等鞭金藻(*I. galbana*),盐藻和褐指藻的同化率均达70%以上^[18,21,22,23,27],这些结果与魁蚶的同化率相近。由此可见,用同化率来作为评价饵料的优劣,在不同种类间也具有一定的可比性,因而增加了结果的可靠性。

3. 许多学者曾报道了混合饵料比单一饵料效果好^[17,24,25,26]其原因是混合饵料有营养协调作用^[2],这种作用主要与脂肪酸或微量营养物质如维生素,矿物质互补有关^[24]。混合饵料的同化率介于两单一饵料的同化率之间,接近于同化率较高的饵料效果,这可能与饵料混合后可以促进不易被消化饵料的同化有关。Epfanio (1979)报道了单独投喂扁藻时,长牡蛎(*C. gigas*)生长缓慢,而同样比例的扁藻和金藻混合投喂,则达到单独投喂金藻的效果。故可认为这两种消化速度不一的饵料混合后可以使牡蛎更充分地消化扁藻。小球藻与褐指藻混合投喂,魁蚶对它们的同化率接近于褐指藻,这是因为魁蚶摄食了较多的小球藻(表4)。另外,可能也与被摄食的小球藻能得到更充分地消化有关。当然营养上的协调作用可能也是重要的。但是以角毛藻(*Chaetoceros calcitrans*)和褐指藻混合投喂,饲养菲律宾蛸,效果与单独投喂没有差别。因此,并非所有单胞藻混合投喂都能取得良好的效果。

饵料价值大小不仅和藻体结构(有无细胞壁),大小及化学组成有关,而且也与饵料的培养液有很大关系。使用培养液中N:P比值不同会导致藻体蛋白质,脂类及多糖类含量的变化。有的学者认为多梗有利于长牡蛎(*C. gigas*)的生长^[23]。同一种饵料对同一种贝类,不同研究者的研究结果有时不一致,可能就与此有关。

4. 同化率与饵料浓度的关系,目前看法不一。有的学者认为同化率与饵料浓度无关^[18,19,22]而有的学者的试验结果与此不同^[22,25]。从本文结果可见,小球藻从25万个细胞/毫升增加到60万个细胞/毫升,其同化率基本不变。这与Valenri (1981)的结果基本一致,即在饵料浓度上限^①之内,随着饵料浓度的增加,日摄食量、粪便量及假粪量均增多,而同化率无明显变化。

Foster-Smith^[2]指出,当饵料浓度增加到超过最大摄食量时,某些贝类可以有两种方式稳定摄食量。一种是降低滤水率,如*Cerastoderma edule*, *Venerupis pallastus*, *C.*

① 饵料的上限浓度是指假粪排出量与摄食量之比迅速增加时的饵料浓度。

gigas; 另一种方式是增加假粪排出量而滤水率不变, 如 *M. edulis*。Winter^[22] 测定了 *C. gigas* 的摄食率、滤水率和饵料浓度的关系, 并给出模式图。Foster-Smith^[9] 亦给出贻贝 (*M. edulis*) 饵料浓度与摄食率关系曲线。从 Winter^[22] 和 Foster-Smith^[9] 的结果可见, 贝类以这两种方式稳定摄食率的能力是有一定限度的。当饵料浓度大到一定值时, Winter^[22] 模式图 C 点; Foster-Smith^[9] 曲线的 70 万个细胞/毫升点, 则这种调节能力就不能继续稳定摄食率。所以与摄食率相关的同化率在一定饵料浓度范围内是可以保持恒定的^[18, 19, 21]。还有一些贝类没有这种稳定摄食率能力, 如 *Aulacomys ater*, 它对饵料的同化率随饵料浓度的增加而降低^[21]。

5. 表 5 是测定 24 小时内饵料本身和魁蚶本身分泌物使有机耗氧的变化量及实验前后与抽滤前后有机耗氧量的变化的结果。魁蚶粪便分解使实验水体中有机耗氧变化量 $\alpha_1(r_1 = B - A - D - E)$ 为 -0.11 毫克氧/升。故魁蚶粪便分解不会给实验结果带来影响。抽滤前后有机耗氧变化量 $\alpha_2(r_2 = C - B)$ 为 0.34 毫克氧/升。若每毫升氧相当于 0.80 毫克干重的褐指藻^[23] 计算, 则抽滤 300 毫升水样粪便流失掉相当于 0.0816 毫克干重的褐指藻, 故抽滤也不会给粪便测定带来较大的误差。

表 5 饵料、粪便滤液的有机耗氧量及饵料、魁蚶分泌物使有机耗氧量的变化量

测定样本名称	编 号	有机耗氧量(毫克氧/升)
实验初始饵料滤液	A	1.33
实验结束饵料滤液	B	1.99
粪便过滤液	C	2.33
饵料使有机耗氧量的变化量	D	0.21
魁蚶分泌物使有机耗氧量的变化量	E	0.56

参 考 文 献

- [1] 何进金, 韦信敏, 杨明月, 许富程, 1981. 菲律宾蛤仔幼虫食料和食性的研究. 水产学报, 5(4): 275—284.
- [2] 何进金, 韦信敏, 1984. 菲律宾蛤仔稚贝食料和食性的研究. 水产学报 8(2): 99—108.
- [3] 魏融尧, 金启增, 陈新祥, 1982. 翡翠贻贝幼虫饲料的初步研究. 水产学报 6(1): 33—41.
- [4] Bayne, B. C., 1965. Growth and the delay of metamorphosis of the larvae of *Mytilus edulis* (L.). *Ophelia* 2(1): 1—47.
- [5] Conover, R. J., 1966. Assimilation of organic matter by Zooplankton. *Limnol. Oceanogr.* 11: 338—345.
- [6] Epifanio, C. E., 1979. Growth in bivalve molluscs: nutritional effects of two or more species of algae in diets fed to the American oyster, *Crassostrea virginica* (Gmelin), and the hard clam, *Mercenaria mercenaria* (L.). *Aquaculture* 18: 1—12.
- [7] Epifanio, C. E., Valenti, C. C. and Turk, C. L., 1981. A comparison of *Phaeodactylum tricornutum* and *Thalassiosira pseudonana* as foods for the oyster, *Crassostrea virginica*. *Aquaculture* 23: 342—355.
- [8] Foster-Smith, R. L., 1975a. The effect of concentration of suspension and inert material on the assimilation of algae by three bivalves. *J. mar. biol. Ass. U. K.* 55: 411—418.
- [9] Foster-Smith, R. L., 1975b. The effect of concentration of suspension on the filtration rates and pseudofaecal production for *Mytilus edulis* L., *Cerastoderma edule* (L.) and *Venerupis pullastra* (Montagu). *J. exp. mar. Biol. Ecol.* 17: 1—22.

- [10] Gerdes, D., 1983. The pacific oyster, *Crassostrea gigas* Part I. Feeding behaviour of larvae and adults. *Aquaculture* 31: 195—219.
- [11] Griffiths, C. L. and King, J. A., 1979. Some relationship between size, food availability and energy balance in the ribbed mussel, *Adacoma arct*. *Mar. Biol.* 51: 141—149.
- [12] Kierhoe, T., Mahlenberg, F. and Nahr, G., 1981. Effects of suspended bottom material on growth and energetics in *Mytilus edulis*. *Mar. Biol.* 61: 283—288.
- [13] Langdon, C. J. and Siegfried, C. A., 1984. Progress in the development of artificial diets for bivalve filter feeders. *Aquaculture* 39: 135—153.
- [14] Loosanoff, V. G. and Davis, H. G., 1983. Rearing of bivalve mollusks. *Adv. Mar. Biol.* 1: 1—136.
- [15] Kilgaard, H. U. and Kandlov, A., 1981. Energy budgets, growth and utilization rates in *Mytilus edulis* at different algal concentrations. *Mar. Biol.* 61: 227—234.
- [16] Romberger, H. P. and Epifanio, C. E., 1981. Comparative effects of diets consisting of one or two algal species upon assimilation efficiencies and growth of juvenile oyster *Crassostrea virginica* (Gmelin). *Aquaculture* 25: 77—87.
- [17] Thompson, R. J. and Bayne, B. L., 1972. Active metabolism associated with feeding in the mussel *Mytilus edulis* L. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 8: 191—212.
- [18] Valenti, C. C. and Epifanio, C. E., 1981. The use of a biodeposition collector for estimation of assimilation efficiency in oyster. *Aquaculture* 25: 89—94.
- [19] Walne, P. R., 1963. Observation on the food value of seven species of algae to the larvae of *Ostrea edulis*. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.* 49: 764—784.
- [20] Walne, P. R., 1974. *Marine Ecology*, vol. III, Part 2: 900—923.
- [21] Winter, J. E., 1969. On the influence of food concentration and other factors in filtration rates and food utilization in the mussels *Arctia islandica* and *Modiolus modiolus*. *Mar. Biol.* 4: 87—135.
- [22] Winter, J. E., 1978. A review on the knowledge of suspension feeding in lamellibranchiate bivalves, with special reference to artificial aquaculture systems. *Aquaculture* 13: 1—33.
- [23] Wikfors, G. H., Twarog, J. W. Jr. and Ukeles, R., 1984. Influence of Chemical composition of algal food sources on Growth of juvenile oyster, *Crassostrea virginica*. *Biol. Bull.* 167: 251—263.

THE ASSIMILATION EFFICIENCIES OF *ARCA INFLATA* FED ON DIFFERENT SINGLE ALGAE

Zhang Guofan Gao Yuemian Zhang Fuchong Li Meng

(Dalian Fisheries College)

ABSTRACT

The biodeposition collector is used to automatically separate, concentrate and detect the faeces and pseudofaeces of the *Arca inflata* fed the different single cell algae. This quantitative method allows accurate estimation of the efficiency of assimilation. The values of assimilation efficiencies of *A. inflata* fed on the algal diets, *Dunaliella* sp., *Phaeodactylum tricar-*
numum, *Isochrysis galbana*, *Ph. tricornutum*, *Chlorella* spp., *Chlorella* spp. and *Pyramimonas* spp. are 77.2%, 75.2%, 73.3%, 71.1%, 49.6% and 47.7% respectively. The amounts of the algae removed from suspension, rejected as faeces, pseudofaeces, ingested and assimilated increase 50.35%, 22.73%, 53.30% and 54.17% respectively, at the concentration of suspension of 6.0×10^8 cells/ml than at one of 2.5×10^8 cells/ml. However, there is no significantly difference in efficiency of assimilation.

贝类学论文集 3.