

缢蛏滤除率与颗粒选择性的实验研究*

范德朋 潘鲁青 马 甦 董双林

(青岛海洋大学海水养殖教育部重点实验室 266003)

提要 利用 4 种不同大小的单细胞藻类作为饵料研究缢蛏 (*Sinonovacula costata*) 的滤除率以及缢蛏对不同大小饵料颗粒的选择性。实验结果表明: 3 种规格缢蛏对 4 种单细胞藻类的滤除率表现出相同的变化规律, 即随藻类规格的增大, 缢蛏的滤除率亦逐渐变大, 并且大规格缢蛏的滤除率变化最显著; 在饵料颗粒选择性的实验中, 小规格缢蛏对大规格 ($ESD=8.83$) 藻类具有较高的选择性, 中规格缢蛏对藻类的选择性不明显, 而大规格缢蛏则对小规格 ($ESD=4.46$) 藻类具较高的选择性。

关键词 缢蛏 (*Sinonovacula costata*), 滤除率, 颗粒选择性, 藻类

国内外关于贝类的滤除率和颗粒选择性的研究已有很多报道^[1,10,11], 但有关缢蛏摄食机制的研究均是围绕综合养殖系统中浮游生物的变化来评估缢蛏 (*Sinonovacula costata*) 的生态滤食作用^[2-4]。本文采用实验生态学方法研究缢蛏的滤除率及其对食物颗粒的选择性, 以期了解缢蛏的摄食机制和规律, 为缢蛏摄食生物学的研究奠定理论基础, 也为对虾与缢蛏综合养殖模式中浮游植物群落的调控提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 实验材料

实验所用缢蛏于 2000 年 7~10 月购于青岛市南山水产品市场。选取活泼无损伤个体, 用刷子小心地洗去其表面的污物, 在水槽中暂养 1 周, 连续充气, 每日投喂单胞藻及换水 1 次, 海水盐度为 31, pH 为 8.1, 实验前 3 天移入经脱脂棉过滤的海水中, 停止投饵, 暂养备用。

1.2 实验方法

1.2.1 缢蛏对 4 种单细胞藻类滤除率的测定 选用 4 种不同大小的单细胞藻类作为饵料分别投喂缢蛏 (表 1), 对应缢蛏小规格 (A)、中规格 (B) 及大规格 (C) 的饵料密度分别为 3.2×10^7 , 5.0×10^7 , 6.4×10^7

个/L, 实验在 22 cm×15 cm×28 cm 玻璃水槽内进行, 实验水体分别为 2, 4, 4 L, 每槽中缢蛏数量分别为 6, 5, 4 个, 每种规格的缢蛏每个处理设 3 个重复, 外加一空白对照组 (不加缢蛏)。实验的海水温度为 25 °C, 盐度为 30, pH 为 8.3。

实验期间连续充气 (保证溶氧充足和单细胞藻类在水中悬浮均匀), 整个实验在黑暗环境中进行。实验持续 1 h, 结束后取样、固定、浓缩、定量, 同时将贝取出, 用游标卡尺测量缢蛏的壳长, 取其软体部和壳置于 65 °C 干燥箱中烘干至恒重, 以 SARTORIUS-BS 110 S 电子天平测软体部的干重 (W_w), 和壳重 (W_s), 并计算肥满度 (F) = (干肉重/干壳重) × 100%。以实验前后单细胞藻类密度变化计算滤除率 ($L/(\text{个} \cdot \text{min})$)。

$$\text{滤除率}(F_R) = \frac{V \ln(C_0/C_t)}{N_t}$$

* 国家重点基础研究规划项目“养殖环境清洁工程的生态学原理与关键技术” (G1999012012) 资助。

第一作者: 范德朋, 出生于 1976 年, 硕士, 青岛海洋大学水产学院。Email: fivefan@ouqd.edu.cn

收稿日期: 2001-11-28; 修回日期: 2002-03-25

表 1 实验所用单细胞藻类

Tab.1 The experimental single cell algae

藻种	大小(μm)	ESD(μm)
小球藻(<i>Chlorella</i> sp.)	4.46	4.46
新月菱形藻(<i>Nitzschia closterium</i>)	19.32 × 3.15	5.24
湛江等鞭藻(<i>Isochrysis zhanjiangensis</i>)	6.12	6.12
塔胞藻(<i>Pyramidomonas</i> sp.)	13.15 × 8.36	8.83

V 是水族箱的体积(L), N 是实验贝个体数, C_0 和 C_t 分别是实验开始和 t 时间藻类密度(10^7 个/L)。

1.2.2 颗粒选择性的测定 实验方法基本上,对应小规格(D)、中规格(E)及大规格(F)的缢蛏,用4种单细胞藻类按等密度混合后组成饵料,饵料密度分别为 3.2×10^7 , 5.0×10^7 , 6.4×10^7 个/L,投喂缢蛏,以实验前后单细胞藻类密度变化计算摄食率:

$$\text{摄食率} = \frac{V(C_0 - C_t)}{N_t}$$

V 是水族箱的体积(L), N 是实验贝个体数, C_0 和 C_t

表 2 缢蛏生物学数据

Tab.2 The biological data of *Sinonovacula constricta*

实验组	L_s (cm)	W_w (g)	W_s (g)	F
A	3.234 8 ± 0.135 8	0.192 4 ± 0.062 6	0.984 2 ± 0.103 2	0.195 5
B	4.884 4 ± 0.250 1	0.387 4 ± 0.042 8	2.016 8 ± 0.028 0	0.192 0
C	6.824 2 ± 0.245 3	2.219 8 ± 0.157 4	3.558 3 ± 0.654 2	0.623 8

注: L_s 为壳长, W_w 为壳重, W_s 为软体部干重, F 为肥满度

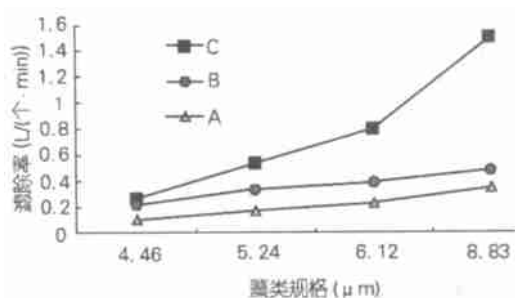


图 1 缢蛏对 4 种不同规格单细胞藻类的滤除率

Fig.1 The filtration rate of *Sinonovacula constricta* for four sizes of single cell algae

由表 4 可看出,不同规格的缢蛏对 4 种单细胞藻类具有不同的摄食率,小规格缢蛏对大规格藻类的摄

食率是单位时间的平均摄食率。

2 实验结果

2.1 缢蛏的滤除率

实验所用缢蛏的生物学数据见表 2。

由图 1 可知,3 种规格的缢蛏对 4 种单细胞藻类的滤除率表现出相同的变化规律,随藻类规格的增大,缢蛏的滤除率亦逐渐变大,并且大规格缢蛏的滤除率变化最显著。

2.2 缢蛏对不同大小单细胞藻类的选择性

实验中缢蛏的生物学数据见表 3。

食率较高,中规格的缢蛏对 4 种单细胞藻类的摄食率无显著区别,大规格缢蛏则对小规格藻类的摄食率较高,而对其它 3 种藻类的摄食率基本相同。

3 讨论

3.1 缢蛏的滤除率

贝类的滤除率是指单位时间水中食粒完全被滤食的过滤水的体积,它是衡量贝类摄食能力的重要指标之一。作者的研究表明 3 种规格的缢蛏对 4 种单细胞藻类的滤除率呈现出相同的变化规律,即缢蛏的滤除率因单细胞藻类规格的变大表现出逐渐增大的趋势,这与 Wisely 1978 年对 *Cnassostrea commencialis*^[11]、Wilson 1980 年对食用牡蛎 (*Ostrea edulis*)^[10] 和 Riisgard 1988 年对北美 6 种贝类^[8] 的研究结果相似,表明

表 3 缢蛭的生物学数据

Tab.3 The biological data of *Sinonovacula constricta*

实验组	L_s (cm)	W_w (g)	W_s (g)	F
D	3.563 4 ± 0.106 2	0.226 3 ± 0.035 2	0.854 2 ± 0.321 4	0.264 9
E	4.445 2 ± 0.044 5	0.398 7 ± 0.210 4	2.632 4 ± 0.014 8	0.151 4
F	6.856 4 ± 0.355 4	2.354 2 ± 0.247 8	4.053 5 ± 0.235 8	0.580 2

表 4 缢蛭对 4 种不同规格单细胞藻类的摄食率

Tab.4 The feeding rate of *Sinonovacula constricta* for four sizes of single cell algae

实验组	摄食率(×10 ⁷ 个/h)			
	单细胞藻类规格 ESD(μm)			
	4.46	5.24	6.12	8.83
D	0.21 ± 0.06	0.43 ± 0.04	0.67 ± 0.17	0.78 ± 0.26
E	1.33 ± 0.28	1.48 ± 0.32	1.77 ± 0.13	1.88 ± 0.17
F	3.76 ± 0.08	1.24 ± 0.12	1.33 ± 0.24	0.67 ± 0.41

滤食性贝类对不同大小的饵料颗粒具有不同的滤取效率(滤食性动物将所过滤水中的食粒滤除的百分数);同时大规格缢蛭滤除率的变化趋势最显著,说明随着缢蛭的生长发育,其摄食器官亦逐渐发育完善,摄取水中饵料颗粒的能力逐渐增强,因此表现为缢蛭对各种单细胞藻类的滤除率随其规格的增大而明显增大的现象。李德尚等 1996 年认为当饵料颗粒增大到某一值时,滤食性动物对此种饵料的滤取效率便可达到 100%,如果饵料颗粒继续增大,其滤除率不再增加,此时的滤除率即为此种滤食性动物的最大滤除率,这是滤食性动物的一般摄食规律^[5]。本实验中采用的最大饵料颗粒塔胞藻规格为 ESD=8.83 μm,此时缢蛭的滤除率是否为最大滤除率尚待进一步验证。

3.2 缢蛭对 4 种单细胞藻类选择性的研究

本实验中 3 种规格缢蛭对不同规格单细胞藻类摄食率表现出不同的变化规律,这与缢蛭摄食器官发育程度以及其本身摄食特点密切相关。小规格缢蛭由于滤食器官尚未发育完善,纤毛等器官较稀疏导致对较小规格藻类的滤取效率低,表现出摄食率随藻类规格的增大而增加的现象,大规格缢蛭的摄食器官发育较完全,从而可有效地滤食较小规格的藻类;而且大规格缢蛭的摄食率并未出现随藻类规格的增大而增大的现象,这表明缢蛭不仅是依靠纤毛和鳃丝的摆动被动、机械的摄食,还存在着复杂的摄食机制。据王芳等 2000 年报道:中规格太平洋牡蛎对中规格单细胞藻类(ESD=5.6 μm)摄食率较高,而大规格太平洋牡

蛎对小规格藻类(ESD=4.4 μm)摄食率最高;海湾扇贝的中、大规格均对中规格藻类(ESD=5.5~5.8 μm)摄食率较高^[1], Wisely 1978 年的研究结果显示 ESD<5.0 μm 的单细胞藻类最适合 *Cmsostrea commercialis* 的摄食^[11],由此表明缢蛭对单细胞藻类的摄食规律与太平洋牡蛎相似,而与海湾扇贝和 *Cmsostrea commercialis* 不同。Ward 等认为滤食性贝类具有两种摄食机制:一是食物随水流通过主鳃丝直接进入鳃的背缘,沿背部纤毛的摆动进入唇瓣,亦称水动力作用;二是食粒流经鳃的表面,在整个鳃系统的作用下进入鳃的腹缘,沿腹部食物运送沟进入唇瓣,亦称粘液纤毛作用^[6]。小规格缢蛭喜食大规格藻类,说明其主要是被动机械的摄食,水动力作用明显;而大规格缢蛭的主动摄食能力强,主要依靠粘液纤毛作用来摄食小规格的藻类。Shumway 等 1990 年研究认为贝类的摄食主要与饵料颗粒的大小和自身的粘液作用、化学感受器相关^[9],据 Bougnier 1997 年研究表明贝类的选择性摄食不仅与单细胞藻类的大小有关,藻类的投喂密度和本身的有机碳含量等也是其重要的影响因素^[7]。本文仅对缢蛭颗粒选择性进行了初步研究,而有关缢蛭对食物的滤食机制等还有待于进一步的研究。

参考文献

- 1 王芳、董双林、张硕等,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,2000,31(2): 139~144

- 2 卢静,李德尚,董双林.对虾池混养滤食性动物对浮游生物的影响,青岛海洋大学学报,1999,29(2):243~248
- 3 张鸿雁,李德尚,王岩.缢蛭对对虾池浮游生物群落结构的影响,青岛海洋大学学报,1998,28(2):210~216
- 4 田相利,李德尚,董双林等.对虾-罗非鱼-缢蛭封闭式综合养殖的水质研究,应用生态学报,2001,12(2):287~292
- 5 李德尚,董双林.鲢、鳙滤食器官的结构与功能的实验研究,动物学报,1996,42(1):10~14
- 6 杨红生,周毅.滤食性贝类对养殖海区环境影响的研究进展,海洋科学,1998,2:42~44
- 7 Bougrier S., Hawkins A.J.S. and Heral M.. Preingestive selection of different microalgal mixtures in *Crassostrea gigas* and *Mytilus edulis*, analysed by flow cytometry, *Aquaculture*, 1997, 150: 123~134
- 8 Riisgard H. U.. Efficiency of particle and filtration rates in six species of northeast American bivalves, *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 1988, 45:217~223
- 9 Shumway S.E., Newell R.C., Crisp D.J. et al.. Particle selection in filterfeeding bivalve mollusks: A new technique on an old theme. In: Morton B.(ed.). *The Bivalvia*, proceedings of a Memorial Symposium in Honour of Sir C. M. Yonge. Edinburgh. Hong Kong: Hong Kong University Press, 1990.151~165
- 10 Wilson J.H.. Particle retention and selection by larvae and spat of *Cræa edulis* in algal suspensions, *Mar. Biol.*, 1980, 57:135~145
- 11 Wisely B., Reid B. L.. Experimental feeding of Sydney Rock oysters (*Crassostrea commercialis* = *Saccostrea cucullata*). 1. Optimum particle sizes and concentrations, *Aquaculture*, 1978, 15: 319~331

EXPERIMENTAL STUDIES ON SELECTIVE FEEDING AND THE FILTRATION RATE OF (*Sinonovacula constricta*)

FAN De-peng PAN Lu-qing MA Shen DONG Shuanglin

(The Key Laboratory of Mariculture, Ministry of Education, Ocean University of Qingdao 266003)

Received: Nov., 28, 2001

Key Words: *Sinonovacula constricta*, Filtration rate, Selective feeding, Algae

Abstract

The filtration rate and selective feeding of the constricted tagelus (*Sinonovacula constricta*) were studied in laboratory. For filtration rate experiment, it is indicated that the filtration rate is correlated positively with the species of the algae and it is distinct with the large-sized constricted tagelus. Results show that the different body-sized constricted tagelus has different selective feedings for the four species algae, the small-sized constricted tagelus has the high feeding rate when the alga is large sized ($ESD = 8.83 \mu m$), but the large-sized has the low one ($ESD = 4.4 \mu m$).

(本文编辑:刘珊珊)