

肠道荧光法测定大磷虾 (*Euphausia superba* Dana) 的肠道排空率和摄食率*

仲学锋

(中国科学院海洋研究所 青岛 266071)

摘要 在 1992~1993 年度南极夏季期间,用肠道荧光法现场测定大磷虾(*Euphausia superba* Dana)的肠道排空率和肠道内含物色素水平,并据此计算自然状况下大磷虾的摄食率。大磷虾的肠道排空率为 0.43/h。次成体(平均体重为 168.8mg 干重)和成体(平均体重为 274.3mg 干重)的摄食率分别为 180.6 ± 19.2 和 464.4 ± 28.3 ng 叶绿素 a/h。自然状况下大磷虾的摄食率与现场测定的 100m 以上水层平均叶绿素 a 浓度的相关性不大。

关键词 肠道荧光法,肠道排空率,摄食率,大磷虾,南极

大磷虾(*Euphausia superba* Dana)又称南极磷虾,由于其巨大的生物量和在南大洋食物网中的关键地位,其摄食率的研究是目前大磷虾研究的重要内容。目前对大磷虾摄食率的研究都是通过实验室培养的方法进行的,但实验条件不能完全模拟自然状况下大磷虾复杂的摄食环境。另外,容器的限制、饵料的选择,以及驯养等问题都可能影响实验室培养法测定摄食率的准确性。肠道叶绿素方法被广泛地应用在浮游动物摄食率的现场测定上,但目前还没有使用该方法测定大磷虾摄食率的报道。本文的工作是在 1992~1993 年度南极夏季期间,通过测定大磷虾的肠道排空率和肠道色素含量,来计算大磷虾的摄食率。

1 材料与方 法

1.1 肠道排空率的测定

该实验的大磷虾取自 1992 年 12 月 24 日在 58°01'W, 62°57'S 用高速采集器获取的样品。挑选 130 条活泼的大磷虾,在充足饵料条件下培养 27h 后,放入过滤海水中,在 1 ± 0.2 °C 的冰箱内培养。在培养开始后的 7h 内每隔 15~60min 取 10 尾冰冻。10 尾培养 24h 供肠道荧光值本底值的测定。培养过程中产生的粪便随时吸出。

1.2 肠道色素的测定

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 2406 号。

收稿日期:1995 年 1 月 25 日

由荧光法测定磷虾肠道内浮游植物的色素水平。在弱光下将大磷虾的胃和肠解剖出来,研磨后用 90%丙酮提取 24~48h。经 2 000r/min 的转速离心后,上清液在 Turner 10 型荧光计下测其荧光强度。虾体经 60℃ 烘干 48h 后测其干重。

用该方法共测定取自南斯克舍海和普里兹湾近海的 19 个样品中的 354 条大磷虾。为测定排空率还测定了实验中的 130 条大磷虾的肠道色素含量。

1.3 肠道色素含量、排空率和摄食率的计算

根据 Yentsen and Menzel^[16]的方法,肠道叶绿素 a 和脱镁叶绿素的计算依照以下公式:

$$\text{叶绿素 a (ng/个体)} = F_d \cdot \frac{r}{r-1} (R_b - R_a)$$

$$\text{脱镁叶绿素 (ng/个体)} = F_d \cdot \frac{r}{r-1} (rR_a - R_b)$$

其中 F_d 为门因子, r 为酸化比, R_b, R_a 分别为酸化前和酸化后的荧光值读数。肠道色素的含量为叶绿素 a 和脱镁叶绿素的重量之和。

肠道排空率的计算,是取每分样 10 条虾单位体重(干重)肠道色素的平均值,按以下方程经指数回归分析求得:

$$G_t - G' = (G_0 - G') \cdot e^{-rt}$$

其中 G_t, G_0 分别为 t 时刻和初始时刻肠道色素的含量, G' 为本底值, r 为排空率。

大磷虾的摄食率 $I^{[15]}$, $I = rG_0$ 。

2 结果

2.1 肠道排空率

图 1 显示,在过滤海水中培养,肠道色素水平随时间延长呈指数衰减,回归方程为:

$$G = 3.71e^{-0.427t}, (R = 0.968, F[1,10] = 866.47)$$

从上式可以得出,大磷虾的肠道排空率为 $r = 0.427/\text{h}$ 。肠道通过时间(T)为 r 的倒数, $T = 1/r = 2.34\text{h}$ 。

表 1 大磷虾的摄食率及单位体重摄食率

Tab. 1 Ingestion rate (ng chl a · h⁻¹) and weight-specific ingestion rate (ng chl a /mgDW · h) of *Euphausia superba* Dana in parentheses are ranges

状态	体重	摄食率	单位体重摄食率
	均值±标准差 (mg 干重)	均值±标准差 (ng 叶绿素 a/h)	均值±标准差 (ng 叶绿素 a /mg 干重 · h)
次成体	168.8±8.6 (44.4~305.4)	180.6±19.2 (35.4~902.0)	1.3±0.1 (0.2~10.5)
成体	274.3±6.1 (166.8~598.7)	464.4±28.3 (36.0~3040.3)	1.81±0.2 (0.1~24.1)
平均值		389.7±22.8	1.6±0.1

注:括号内数据为变化范围。

2.2 摄食率

表 1 为用肠道荧光法求得的大磷虾摄食率。次成体(平均体重为 168.8mg 干重)的平均摄食率为 180.6ng 叶绿素 a/h;成体(平均体重为 274.3mg 干重)的摄食率为 464.4(单位同上)。

2.3 摄食率与浮游植物浓度的关系

大磷虾 19 个取样点的表层至 100m 水深平均叶绿素 a 浓度的变化范围为 0.147~3.27μg/L。以每个取样点大磷虾摄食率的平均值对应于其叶绿素 a 浓度做线性回归分析。结果如图 2 所示,自然状况下大磷虾对浮游植物的摄食率与浮游植物浓度的相关性很差($R =$

0.06), 没有显示出摄食率随浮游植物浓度增加而增加的趋势。

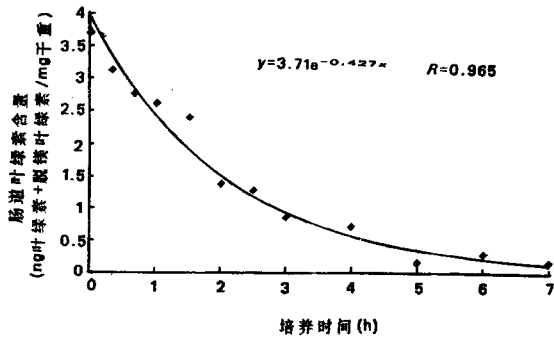


图1 大磷虾(*E. superba*)肠道内含物在过滤海水中培养时随时间的衰减

Fig. 1 *E. superba*. exponential decline of pigment level (ng chl a + phaeo. /mgDW) in stomach and gut after transferred to filtered seawater

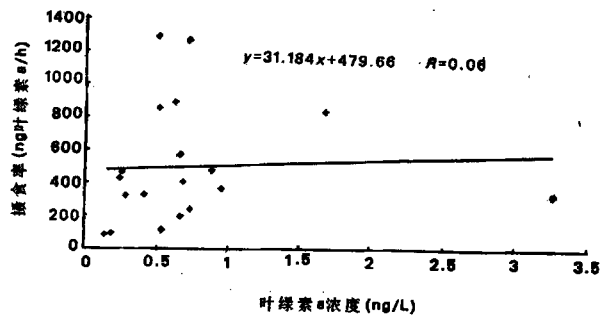


图2 大磷虾(*E. superba*)摄食率与100m以上水层叶绿素a平均浓度的关系

Fig. 2 *E. superba*. ingestion rate in relation to ambient chlorophyll a concentration obtained from stomach and gut by means of fluorescence

3 讨论

本文大磷虾肠道排空率的测定,仅在一种实验条件下进行。对桡足类的研究结果表明,肠道排空率可受温度、食物种类和浓度、发育期的影响^[4,5,9,12],并且在过滤海水中测得的排空率比正常摄食状况下的排空率要低^[1,11],但是也有许多实验结果表明,排空率不受时间、食物浓度、肠道初始饱满度的影响^[5,6,14,15],并且在过滤海水中培养不会影响排空率的测定^[2,10]。由于目前尚无其他有关大磷虾肠道排空率的工作来做比较,我们还不能就温度、食物浓度、初始肠道饱满度、不同发育期等因素如何影响大磷虾肠道排空率进行讨论。

肠道荧光法测定摄食率的一个假设条件是被摄食的浮游植物通过肠道时,叶绿素a的降解产物完全是脱镁叶绿素。但近来的研究表明,叶绿素a转化为脱镁叶绿素后,有一部分被进一步降解为其他产物^[3,5,7,15]。因此,该方法测得的摄食率应该是一个偏低的估计值。这部分误差的大小受摄食状况、饵料浓度、光照、摄食节律的影响^[7,15],但对大磷虾还没有这方面的研究工作。

在饵料浓度达到浮游动物需求饱和值以前,摄食率一般情况下随饵料浓度增加而增加。但本文的结果显示,在自然状况下,大磷虾摄食率并不呈现这种趋势。这可能有两个原因,一是现场测定的100m水层以上叶绿素a的平均浓度并不一定代表大磷虾摄食时的浮游植物浓度,它可能是经大磷虾摄食以后的浮游植物浓度;大磷虾也有可能跟踪高浮游植物浓度的水层进行摄食。另一个原因可能是大磷虾不仅摄食浮游植物,同时也摄食其他食物,如有机碎屑^[6]和浮游动物^[13]。另外,也有可能大磷虾的摄食过程不仅仅是被动滤食,在饵料不充足的条件下,它通过主动捕食的方式来获得足够的能量。这样我们就可以解释为什么自然状况下大磷虾摄食率与现场浮游植物浓度没有很好的相关性。

参考文献

- [1] Baars, M. A. and S. S. Oosterhuis, 1984. *Neth. J. Sea Res.* 18: 97-119.
- [2] Christoffersen, K. and A. M. Jespersen, 1986. *J. Plankton Res.* 8(5): 973-983.
- [3] Conover, R. J., S. Roy and R. Wang, 1986. *Limnol. Oceanogr.* 31: 878-887.
- [4] Dagg, J. J. and W. E. Walser, 1987. *Limnol. Oceanogr.* 32: 178-188.
- [5] Head, E. J. H., 1986. *Mar. Biol.* 92: 371-379.
- [6] Head, E. J. H., A. Bedo, and L. R. Harris, 1988. *Mar. Biol.* 99: 333-340.
- [7] Head, E. J. H., 1992. *Mar. Biol.* 112: 583-592.
- [8] Holm-Hansen, O. and M. Huntley, 1984. *J. Crust Biol.* 4 (Spec No. 1): 156-173.
- [9] Kiorboe, T., F. Mohlenberg, and J. Nicolajsen, 1982. *Ophelia*, 21: 181-194.
- [10] Kiorboe, T. and P. T. Tiselius, 1987. *J. Plank. Res.* 9: 525-534.
- [11] Mackas, D. and R. Bohrer, 1976. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 25: 77-85.
- [12] Nicolajsen, H., F. Mohlenberg, and T. Kiorboe, 1983. *Ophelia* 22: 15-31.
- [13] Price, H. J. *et al.*, 1988. *Mar. Biol.* 97: 67-77.
- [14] Tseytlin, V. B., A. F. Pasternak, and A. V. Drits, 1991. *Oceanology*. 31(1): 113-117.
- [15] Wang, R. and R. J. Conover, 1986. *Limnol. Oceanogr.* 31(4): 867-877.
- [16] Yentsch, C. S., and D. W. Menzel, 1963. *Deep-Sea Res.* 10: 221-231.

ESTIMATION OF EVACUATION RATE AND INGESTION RATE OF ANTARCTIC KRILL *Euphausia superba* Dana, BY GUT FLUORESCENCE METHOD

Zhong Xuefeng

(Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071)

Received: Jan. 25, 1995

Key Words: Gut fluorescence method, Evacuation rate, Ingestion rate, *Euphausia superba*, Antarctica

Abstract

During the austral summer of 1992-1993, the gut evacuation rate and ingestion rate of Antarctic krill, *Euphausia superba* Dana, were measured on board the ship R/V JiDi in the Southern Scotia Sea and Prydz Bay region, Antarctica. Pigments level of gut content (G_t) of krill declined exponentially against time (t) when krill were incubated in filtered seawater which expressed by the formula $G_t = 3.71e^{-0.427t}$, ($R = 0.967$). The evacuation rate $r = 0.427h^{-1}$, and the gut passage time $T = 1/r = 2.34h$. Ingestion rates of sub-adult krill (mean 168.8 mg dry weight) ranged from 35.4 to 902.0 ng chl a $\cdot h^{-1}$ with average of 180.6. That of adult krill (mean 274.3 mg dry weight) were 36.0-3040.3 ng chl a $\cdot h^{-1}$ (average of 464.4). Ingestion rate did not increase with the increase of ambient chlorophyll a concentration.